Electron S.R.L.

Design
Production &
Trading of
Educational
Equipment

A1105-C – UNITE DIDACTIQUE ELECTRICITE DE BASE

MANUEL D'INSTRUCTIONS

Electron S.R.L. - MERLINO - MILAN ITALIE Tel (+ + 39 02) 90659200 Fax 90659180
Web – www.electron.it , e-mail – electron@electron.it

SOMMAIRE

INTRODUCTION

NOTES POUR L'UTILISATION

1 – TECHNOLOGIE EN COURANT CONTINU

1.1 – Polarité des tensions et des courants continus
1.2 – Résistance ohmique
1.3 – Loi d'Ohm
1.4 – Résistance non linéaire: la lampe à incandescence
1.5 – Résistance différentielle
1.6 – Le thermistor CTN
1.7 – La résistance à coefficient de température positif (CTP)
1.8 – La Photorésistance (LDR)
1.9 – La caractéristique de la diode
1.10 – La caractéristique de la diode Zene1.11 – La diode émettrice de lumière (LED)

2 – RESISTANCES EN SERIE ET EN PARALLELE

2.1 – Circuit série
2.2 – Circuit parallèle
2.3 – Diviseur de tension
2.4 – Diviseur de tension chargé
2.5 – Le potentiomètre
2.6 – Le pont de mesure de Wheatstone
2.7 – Lois de Kirchhoff
2.8 – Théorèmes de Thévenin et de Norton

3 – MESURES EN COURANT CONTINU

3.1 – Instruments de mesure des courants et des tensions continues
3.2 – Le Voltmètre
3.3 – L'Ampèremètre
3.4 – Circuit équivalent d'un générateur
3.5 – Puissance en courant continu – transfert de puissance

4 – BATTERIES

4.1 – Résistance interne d'une batterie
4.2 – Batteries en série
4.3 – Batteries en parallèle

5 – CIRCUITS EN COURANT ALTERNATIF: RESISTANCE, REACTANCE ET PUISSANCE EN COURANT ALTERNATIF

5.1– Réseaux R, L, C en courant alternatif
5.2– Puissance en courant alternatif
5.3– Réseaux CR et RC avec signaux sinusoïdaux
5.4– Circuits CR et RC avec signaux pulsés

6 – RESONANCE

6.1– Mesure d'inductance
6.2– Circuit résonant LC parallèle
6.3– Circuit résonant LC série

7 – LE TRANSFORMATEUR

7.1– Généralités
7.2 – Connexion en série/parallèle des secondaires du transformateur
7.3– Résistance interne équivalente du transformateur

8 – CONVERSION COURANT ALTERNATIF/COURANT CONTINU

8.1– Le redresseur demi-onde
8.2– Le redresseur pleine onde
8.2.1 – Le redresseur pleine onde à point médian
8.2.2 – Le redresseur pleine onde à pont
8.2.3 – Redresseur pleine onde avec condensateur de lissage
8.2.4 – Redresseur pleine onde avec cellule de filtrage LC
8.3 – Doubleur de tension

INTRODUCTION

L'unité didactique A1105-C est une collection complète d'outils de formation, mise en œuvre sous une forme modulaire, qui couvre la gamme de l'électrophysique à circuits en courant continu et courant alternatif, jusqu'à des applications d'électronique générale.
L'unité didactique se compose d'une collection de circuits sur une seule carte de grande taille. La carte comprend les composants et les dispositifs nécessaires pour réaliser les expériences avec une claire sérigraphie qui indique les symboles et l'identité des composants.

L'interconnexion des blocs de circuits, ainsi que les connexions à l'alimentation et aux instruments de mesure sont par câbles enfichables.

La grande taille de la carte rend l'unité didactique aussi apte à démonstrations collectives faites par l'instructeur.

L'unité didactique comprend une alimentation intégrée appropriée pour réaliser les expériences. L'unité didactique est aussi livrée avec accessoires (jeu de câbles enfichables) et ce manuel d'instructions.

Ce qui suit est une liste d'instruments recommandés pour l'utilisation de cette unité didactique:

- Oscilloscope double trace
- Une paire de multimètres de laboratoire d'usage général
- Générateur de signaux de basse fréquence

NOTES POUR L'UTILISATION

L'alimentation intégrée a les caractéristiques suivantes:

Tension secteur 220-240V, 50,60Hz
Puissance du transformateur: 10VA
Fusible secteur: 100mA(T), interne (sous un couvercle)
Sorties:

- 2 X 14V c.a., indépendantes
- Une sortie continue stabilisée et réglable de 1.6 à 16.5V, avec protection contre la surcharge thermique et les courts-circuits

SECURITE

L'étudiant doit être informé sur les procédures générales du laboratoire d'électronique avant d'être autorisé à travailler sur cette unité didactique. En particulier les règles suivantes doivent être observées:

- Ne pas enlever le capot arrière. Cela expose l'utilisateur aux tensions secteur.

- Quand on planifie une expérience toujours s'assurer que les valeurs nominales des composant ne sont pas dépassés et que les connexions sont faites correctement.

- Les résistances surchargées peuvent surchauffer et entrainer des risques de brûlures et/ou d'incendie.

- Les condensateurs électrolytiques peuvent exploser si câblés avec la polarité erronée. Les condensateurs plus grands de cette unité didactique sont protégés contre ce risque par des diodes en parallèle avec eux.
  Ces dispositions éliminent le risque d'explosion mais exposent au danger d'un court-circuit.

- Ne jamais laisser l'appareil sans surveillance quand l'unité est sous tension. Toujours débrancher le cordon d'alimentation quand l'unité didactique n'est pas utilisée.

En effectuant les expériences, faire toujours attention à l'odeur des composants surchauffés ou au chauffage anormal de tous les composants. Immédiatement mettre hors tension l'unité didactique dans ces cas.

1 – TECHNOLOGIE EN COURANT CONTINU

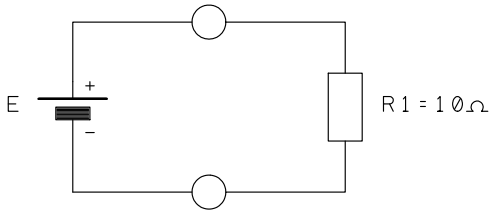
Un GENERATEUR est un dispositif capable de développer une tension à ses bornes de sortie.
Cette capacité des générateurs provient d'une variété de processus physiques: électrochimique, électromagnétique, électrothermique etc. Pour le moment nous nous intéressons seulement à l'utilisation du générateur comme un BOÎTE NOIRE avec deux bornes électriques, à travers lesquelles une tension est développée.

Une RESISTANCE est un dispositif à deux bornes qui permet à un COURANT de circuler internement d'une borne à l'autre, ou vice-versa.

Les TENSIONS sont affichées ou mesurées par VOLTMETRES, qui sont des dispositifs avec deux bornes à mettre respectivement en contact avec les points du circuit électrique où nous voulons mesurer une tension.

Les COURANTS sont affichés ou mesurés par AMPEREMETRES, qui sont des dispositifs révélant par une indication appropriée (le mouvement d'un pointeur) le passage du courant d'une de ses bornes à l'autre.

La Figure 1 montre un circuit électrique élémentaire.



USE FOR E ONE OF THE ON-BOARD BATTERIES

FIG.1 – AN ELEMENTARY DC CIRCUIT

La Figure 2A montre le même circuit avec un Voltmètre et un Ampèremètre pour afficher respectivement la tension du générateur et le courant fourni à la résistance de charge.

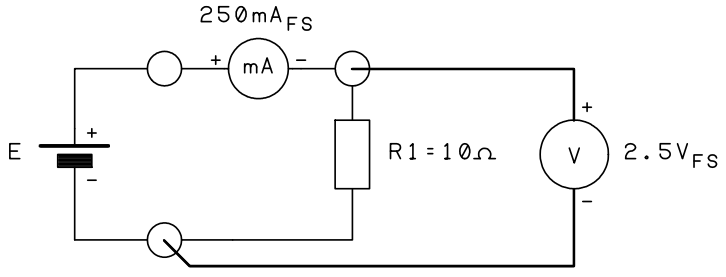


FIG.2A – CONNECTION OF AMMETER AND VOLTMETER INTO THE CIRCUIT OF FIG.1

Pour mettre en place le circuit de la Fig.2A notez les points suivants:

– Utiliser l'une des batteries de l'unité didactique comme générateur. Elle délivre 1.5V environ.

– Prérégler le Voltmètre pour mesurer des tensions continues, 2.5V pleine échelle.

– Prérégler l'Ampèremètre pour courant continu 250mA pour mesurer le courant.
  Attention: un ampèremètre doit être connecté "en série" avec le conducteur où le courant doit être mesuré. Mettre un ampèremètre "en parallèle" à une source de tension est une erreur qui d'habitude a pour résultat la destruction immédiate du même.

– Utiliser R1 (10Ω) comme résistance de charge.

– Insérer l'instrument dans le circuit respectant les polarités indiquées en Fig. 2A.

Cet exercice élémentaire montrera quelques faits de base sur les circuits électriques:

– Une tension existe entre les bornes d'un générateur, et elle est mesurable par un Voltmètre.

– Un courant circule quand un générateur est fermé sur une charge, et il est mesurable par un Ampèremètre.

1.1 – Polarité des tensions et des courants continues

Se référer encore à la Fig.2A.

– Le deux bornes d'un générateur de courant continu sont conventionnellement indiquées par un PLUS et un MOINS.

– Un courant POSITIF sort de la borne positive du générateur, passe à travers la charge et entre dans la borne "-" du générateur.

– Puisque un courant peut être considéré comme un mouvement de charges positives électriques, on peut dire que le Générateur est un dispositif capable de générer internement des charges positives de sa borne "-" à sa borne "+", grâce à un mécanisme interne que nous ignorons pour le moment.
De la même manière nous pouvons redéfinir une résistance de charge comme capable de laisser circuler des charges positives, internement, de sa borne "+" à sa borne "-".
Les bornes "+" et "-" pour une charge positive sont identifiées par la polarité de la tension appliqué aux bornes ce qui est établi par le générateur.

– Une charge passive comme la résistance utilisée dans le circuit de la Fig.2A ne prend aucune part à la détermination des polarités des tensions et des courants dans le circuit.
Si l'on connecte la résistance avec les bornes échangées, rien ne changerait.

– La Figure 2B résume les déclarations juste faites pour les polarités des courants et des tensions dans le circuit à l'essai.

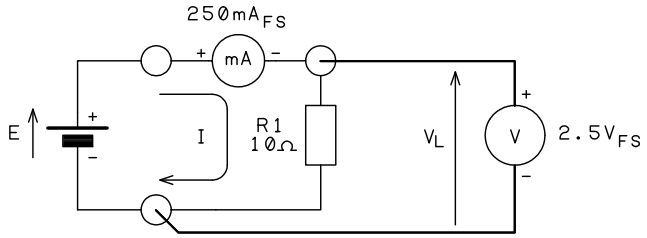


FIG.2B – POSITIVE SIGN CONVENTIONS FOR VOLTAGES AND CURRENNTS IN THE CIRCUIT OF FIG.2A

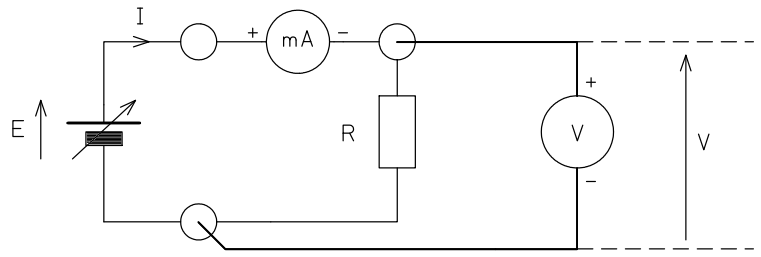
1.2 – Résistance ohmique

Dans le circuit de la Fig.2A (et 2B) on définit comme RESISTANCE OHMIQUE de la charge le rapport de la tension aux bornes de la charge au courant qui s'écoule dans elle.
Dans le circuit de Fig.2A et 2B, ces deux variables sont mesurées par l'indication des instruments.
Lire ces valeurs et calculer la résistance ohmique (ou simplement Résistance) de la charge comme:

$$R = \frac{V}{I}$$

1.3 – Loi d'Ohm

La Figure 3 montre le circuit élémentaire en courant continu qui sera utilisé pour cette expérience.



USE FOR E THE VARIABLE POWER SUPPLY OF THE TRAINER
USE FOR R RESISTOR R3 OF MODULE M12 (1K)

FIG.3 – RECORDING THE V/I CHARACTERISTIC FOR RESISTOR R

Dans ce circuit le générateur représente l'alimentation réglable fournie avec l'unité didactique, tandis que R est la résistance R3 de l'unité didactique.

Régler la tension du générateur de 2V à 15V par étapes de 1 Volt et enregistrer l'indication de l'ampèremètre (en effet un milliampèremètre) à chaque étape.
Tracer les résultats dans un graphique qui montre le courant sur l'axe horizontal et la tension sur l'axe vertical. Le graphique devrait rassembler à celui de la Fig.4.

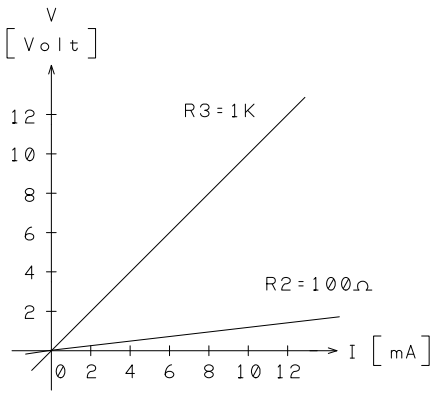


FIG.4 – GRAPH OF THE V/I CHARACTERISTIC FOR 100 OHM AND 1K OHM RESISTORS

Notez les points suivants:

– Le courant augmente quand la tension augmente.

– Si la tension double (par exemple de 5V à 10V), le courant double aussi (de 5 mA à 10 mA).

– On peut dire que dans notre circuit à l'essai les tensions et les courants sont Proportionnels. En d'autres termes leur rapport est une constante. Cette constante de proportionnalité s'appelle RESISTANCE, et est indiquée par le symbole R:

V/I=R (Loi d'Ohm)

La résistance est mesurée en Ohms (Ω).
La résistance d'un Ohm est celle d'un composant qui laisse passer 1 Ampère avec une tension de 1 Volt à ses bornes.

– Si le câblage du circuit à l'essai est modifié en remplaçant R avec R2 de l'unité didactique (100Ω) et les mesures sont répétées, on obtient un graphique similaire au précédent (voir la Fig.5): seulement la pente de la ligne change. Pour tensions de 5V et de 10V nous obtenons maintenant des

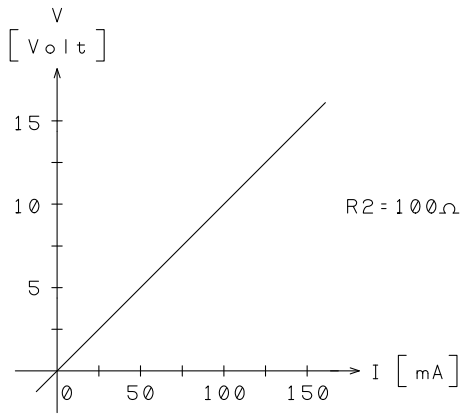


FIG.5 - V/I CHARACTERISTIC FOR R2
05CF5

courants de 50 et 100mA.

– Ce qui a changé dans les deux cas est le composant que nous avons utilisé comme charge pour le générateur. Ces deux composants ont différente RESISTANCE. Les composants eux-mêmes s'appellent RESISTANCES car ils sont fabriqués pour fournir des valeurs données du Rapport V/I.

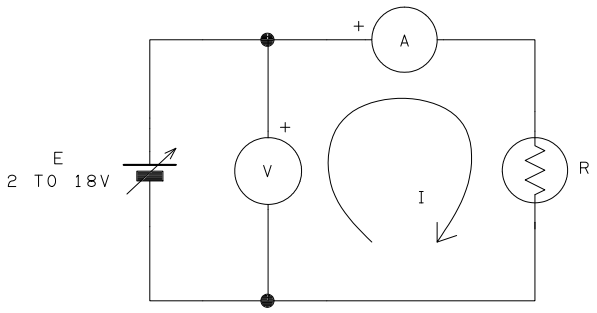
– Calculer à partir des résultats de vos mesures la résistance des deux résistances utilisées, et comparer ces valeurs avec la valeur nominale de ces composants (1kΩ et 100Ω).

1.4 – Résistance non linéaire: la lampe à incandescence

La Caractéristique V/I des Fig.4 et 5 est celle d'une soi-disant Résistance linéaire, un dispositif qui maintient une résistance constante et inchangée dans toutes les conditions physiques.
Dans la pratique tous les matériels ont une Caractéristique V/I qui est intrinsèquement non linéaire et dépendant de paramètres comme la température, les contraintes mécaniques, l'âge, etc.

Dans la plupart des cas il est souhaitable que les résistances utilisées en électronique aient des valeurs aussi constantes que possible, et pourtant ces composants sont composés de matériels sélectionnés à cet effet. Dans certains autres cas une Caractéristique V/I non linéaire peut s'avérer utile à des fins spécifiques.

Nous allons examiner certains de ces dispositifs, à partir d'une lampe à incandescence ordinaire, qui nous permet de comprendre le significat de Caractéristique V/I non linéaire.



USE AS E THE VARIABLE SOURCE OF THE TRAINER
USE FOR R THE LAMP

FIG.6 - RECORDING THE V/I CHARACTERISTIC FOR THE INCANDESCENT LAMP

Mettre en place l'appareil comme le montre la Fig.6.

Le générateur de tension variable de l'unité didactique est utilisé pour alimenter une lampe à incandescence. La tension est changée en étapes de 0 à 12V et le courant dans la lampe est mesuré et enregistré à chaque étape.
Les résultats tracés dans un graphique apparaissent comme dans la Fig.7.

Le raison de la progressive flexion de la caractéristique réside dans le COEFFICIENT DE TEMPERATURE du matériel dont le filament est fait.
Le coefficient de température dans ce cas est Positif: si la tension d'alimentation est augmentée, le filament reçoit plus puissance et pourtant sa température augmente. La résistance du filament augmente quand la température augmente et le filament tire moins de courant que si la résistance reste constante.

Notons simplement qu'un Coefficient de température positif pour une lampe à incandescence est très sain pour la lampe elle-même: prenons le cas d'une lampe à Coefficient de température négatif connectée au secteur. Une élévation accidentelle de la tension de ligne augmenterait la température de la lampe, ce qui abaisserait sa résistance ; la lampe tirerait plus de courant et de puissance de la ligne. Cela causerait à son tour une nouvelle augmentation en température du filament réduisant sa résistance, ce qui finalement provoquerait sa destruction.

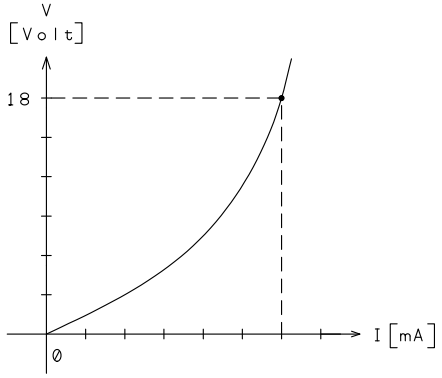


FIG.7 - V/I PATTERN FOR THE INCANDESCENT LAMP

1.5 – Résistance différentielle

De l'expérience du paragraphe précédent nous avoir vu un cas de résistance non linéaire et nous avoir enregistré pour elle une Caractéristique V/I rassemblant à celle de la Fig.7, reprise ci-dessous.

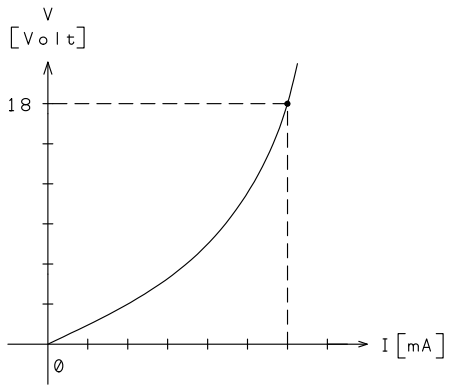


FIG.7 - V/I PATTERN FOR THE INCANDESCENT LAMP

Puisque la caractéristique n'est pas linéaire, on peut dire que la résistance du dispositif change de façon continue à chaque point de la caractéristique, c'est à dire:

$R = R(V)$

Nous devons pourtant raffiner légèrement notre définition précédente de résistance comme un rapport de V/I, dans l'une des deux façons suivantes:

– Supposer que la lampe soit alimentée à une certaine tension, par exemple 10V. Dans ces conditions la lampe absorbe, disons, 50mA. La lampe apparaît comme une résistance de $10/50 = 200\Omega$, à ce point seulement.
Si nous dessinons la caractéristique V/I pour une résistance de 200Ω dans le même graphique de la Fig.7, sur verra que les deux caractéristiques se croisent au point de coordonnées 10V, 50mA (voir Fig.8).

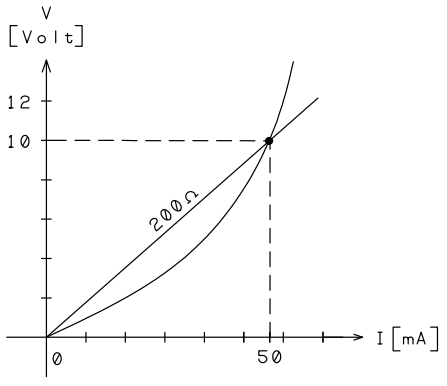


FIG.8 - DC-EQUIVALENT RESISTANCE AT 10V OPERATION

Supposer que la lampe soit alimentée à 10V et absorbe 50mA. Nous changeons la tension d'alimentation à 11V et nous mesurons un nouveau courant de, par exemple, 58mA. (voir la Fig.9).

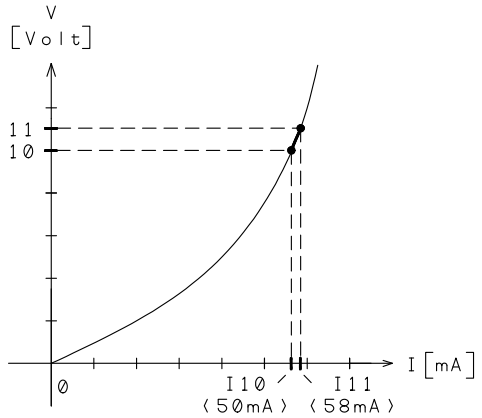


FIG.9 - DEFINITION OF DIFFERENTIAL RESISTANCE AT 10V

On définit RESISTANCE DIFFERENTIELLE de la lampe à 10V le rapport:

$$(R_{DIFF})_{10V} = \left(\frac{\Delta V}{\Delta I}\right)_{10V} = \frac{11-10}{58-50} = \frac{1}{8} = 125\Omega$$

Calculer comme exercice la résistance différentielle de votre lampe à 2, 4, 6, 8, 10V.
La définition de résistance différentielle peut apparaître peu maniable et pas très utile à ce point du cours, toutefois le concept réapparaîtra souvent quand on traite de signaux dans les circuits électroniques. Pour le moment il suffit que l'étudiant prenne possession de l'idée et comprenne le principe.

1.6 – Le thermistor CTN

Les thermistors sont un type particulier de résistance, spécialement fabriquée pour avoir une caractéristique fortement dépendante de la température.
Ils peuvent être utilisés en électronique par exemple pour stabiliser un circuit électronique contre les changements de la température ambiante mais ils sont utilisés pour la plupart comme dispositifs capteurs de température en thermostats, thermomètres, etc.

Nous allons d'abord examiner qualitativement l'utilisation du Thermistor de l'unité didactique comme un dispositif capteur de température comme suit.
Connecter un ohmmètre aux bornes du Thermistor comme montré dans la Fig.10, puis le tenir avec deux doigts afin de le laisser se réchauffer et approcher la température de votre main. L'indication de l'ohmmètre change vers valeurs de la résistance plus faibles.
Quand vous relâchez le Thermistor, il tend à retourner vers la résistance de la température ambiante.
La température aura cependant plus de temps à régler que d'augmenter, puisque le transfert de chaleur par convection d'air pendant le refroidissement est moins efficace que la conduction directe de vos doigts.

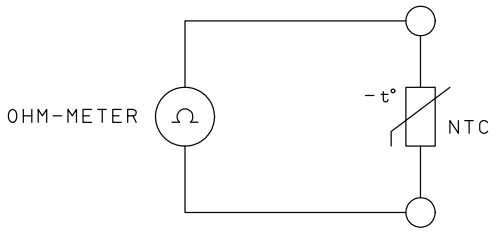


FIG.10A - EXPERIMENTING THE NTC THERMISTOR

Quand on utilise un thermistor CTN dans un circuit électronique des soins doivent être prises à cause du processus d'auto-échauffement de ce dispositif qui peut conduire à la destruction du composant.
Le mécanisme est le suivant: Supposer un CTN alimenté par une source de tension constante.
Il tend à l'échauffement et réduit par conséquent sa résistance. Cela conduit à une majeure absorption de courant de la source de tension jusqu'au point où le dommage se produit à cause de la surchauffe.
Pour une utilisation sûre on doit prévoir un dissipateur adéquat, pour éviter l'échauffement excessif du CTN. En variante on devrait utiliser une source de tension suffisamment faible, en tout cas avec une résistance de limitation du courant qui devrait être placée en série avec le CTN.

1.7 – La résistance à Coefficient de Température Positif (CTP)

La CTP fournie dans l'unité didactique est un autre exemple de résistance non-linéaire.
Plus précisément la CTP montre une caractéristique dépendante de la température: quand la température du dispositif augmente, sa résistance augmente aussi.
La CTP est souvent utilisée dans les circuits électroniques pour stabiliser le fonctionnement contre les changements de la température ambiante. Elle est aussi utilisée pour détecter et mesurer la température et même pour construire des éléments de retard, par exemple pour obtenir un fonctionnement retardé d'un relais.

L'élément CTP fourni a une résistance nominale de 150Ω à 0°C.
Ainsi, à température ambiante la valeur sera légèrement plus haute.
L'essai du dispositif est réalisé avec le circuit de la Fig.15.

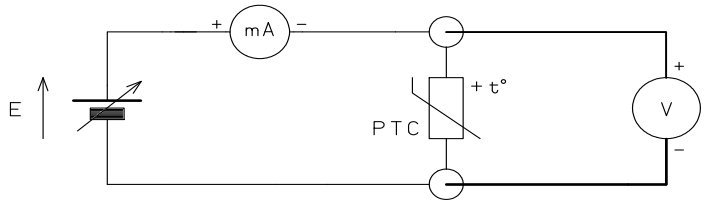


FIG.15 – RECORDING THE CHARACTERISTIC OF THE PTC

En effectuant la mesure soyez conscient du fait qu'une tension excessive appliqué à la CTP peut générer une surchauffe nuisible de la même et le risque potentiel de brûlures!

Ne jamais utiliser avec la configuration de la Fig.15 des tensions plus hautes de 15 ÷ 18V. Mettre immédiatement hors tension le circuit si l'on remarque une surchauffe.
Ne laisser pas le circuit alimenté et sans surveillance.

L'essai du dispositif est fait en appliquant une tension continue qui augmente par étapes de 1V à 10V.
A chaque étape on doit attendre un certain temps pour que la CTP se stabilise à la nouvelle température, puis on peut mesurer le courant et calculer la résistance.
Noter que la caractéristique V/I de la CTP utilisée de cette manière n'est pas générale, mais elle sera strictement liée aux conditions au moment de l'exécution de l'expérience (température ambiante, ventilation, etc.).

La Figure 16 montre les résultats attendus pour l'expérience.

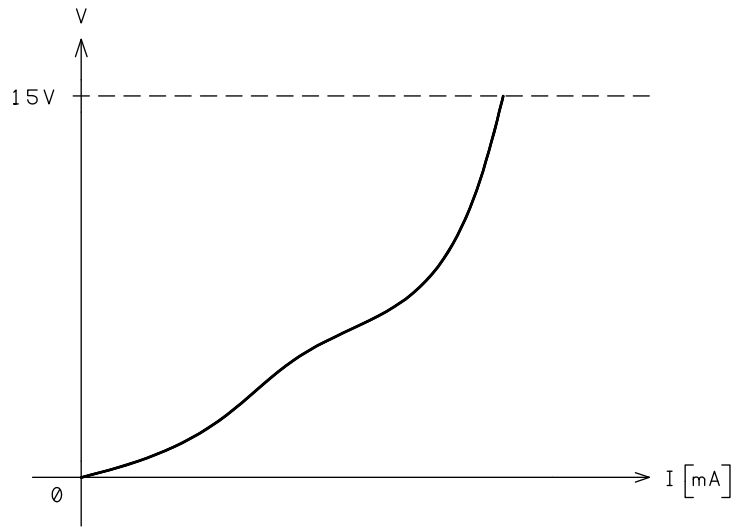


FIG.16 - EXPECTED RESULTS FOR THE EXPERIMENT

1.8 – La Photorésistance (LDR)

La LDR est un dispositif dont la résistance varie selon l'intensité lumineuse qui tombe sur elle.
Les LDRs sont fabriquées sous la forme d'un mince chemin résistif, fait de Sulfate de Cadmium (CdS), implanté sur une puce de céramique, matériel non-conducteur.

Quand la lumière tombe sur le matériel CdS, l'énergie des photons incidents génère des charges positives et négatives qui influent sur le courant de conduction, réduisant ainsi la résistivité du dispositif.

Ces composants sont souvent utilisés dans l'industrie pour détecter la lumière du jour (commutateurs activés par la lumière), systèmes de contrôle de la flamme, etc.

L'unité didactique contient une LDR accouplée à une lampe à incandescence, pour faciliter l'essai du dispositif.
L'expérience doit être effectuée en appliquant à la lampe une tension d'alimentation continue montant en étapes de 1V à 15V.

A chaque étape la résistance de la LDR est mesurée par un ohmmètre.
Les résultats devraient être tracés dans un graphique qui montre le courant de la lampe sur l'axe horizontal et la résistance du dispositif sur l'axe vertical.

Sélectionner comme points de mesure les suivants:

V_{lamp} = 1, 2, 3, 4....15Vcc.

Les figures 17 et 18 montrent respectivement les principes de la mesure et les résultats attendus.

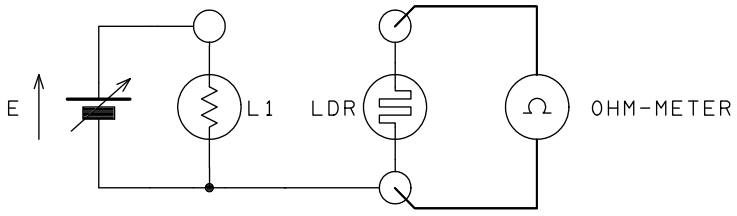


FIG.17 - CIRCUIT UNDER TEST

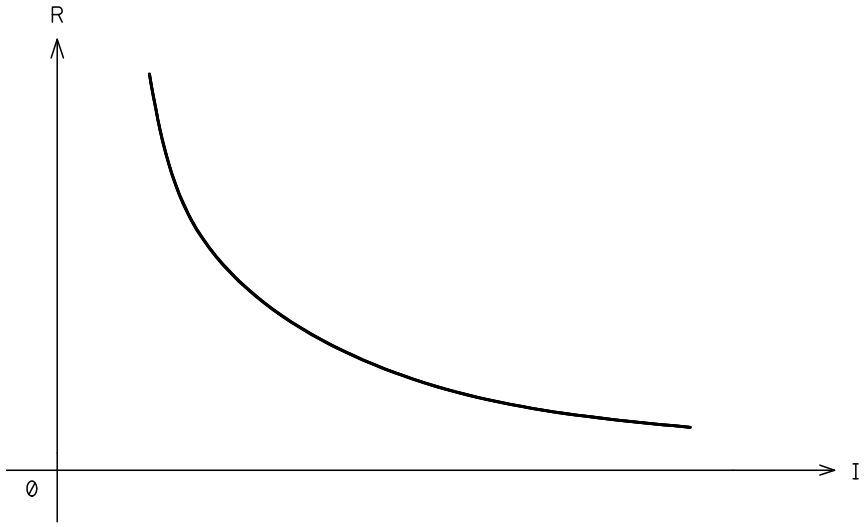


FIG.18 - EXPECTED RESULTS FOR THE EXPERIMENT

1.9 – La caractéristique de la diode

La diode est un dispositif à deux bornes dont la caractéristique essentielle est de conduire dans une direction seulement. Plus précisément la typique caractéristique d'une diode apparaît comme dans la Fig.19.

Les principaux aspects de cette caractéristique sont les suivantes:

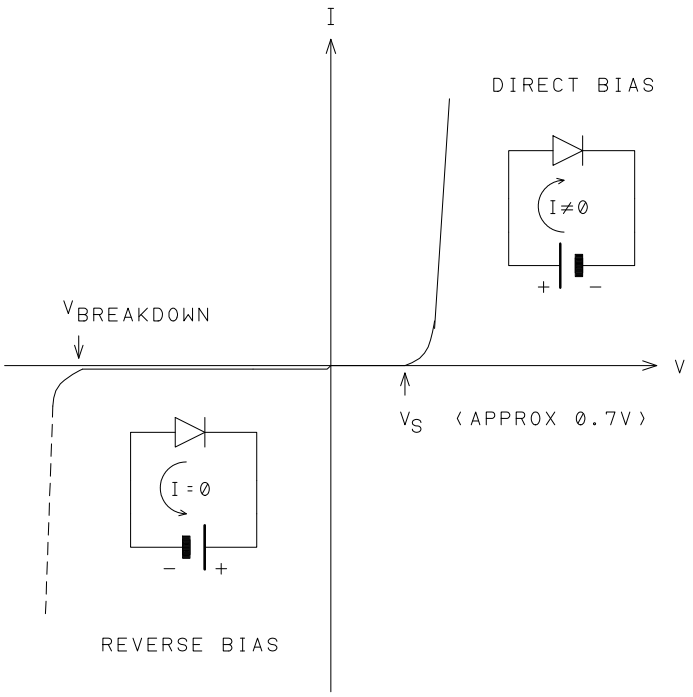


FIG.19 - TYPICAL DIODE CHARACTERISTIC

– Une tension de seuil dans la zone de conduction directe (1er quadrant de la Fig.19). Le seuil est typiquement 0.6 à 0.7V pour diodes au Silicium et 0.1 à 0.2V pour diodes au Germanium.

– Une caractéristique de conduction très raide, c'est-à-dire une basse résistance différentielle dans cette zone.

– Une caractéristique inverse pratiquement plate, jusqu'à un point où la destruction du dispositif peut se produire. La tension inverse de claquage peut varier pour différents types de diodes de très peu de dizaines de volts à plusieurs milliers de volts.
Le claquage inverse est destructif pour les diodes, à l'exception d'un type particulier de diodes (Zener), qu'on étudiera plus tard.

– Une conduction modérée dans la région inverse, parfois appelée Courant de Fuite, qui est pratiquement indépendante de la tension inverse appliquée. Le Courant de Fuite est si faible qu'on le peut pratiquement négliger pour la plupart des applications.

L’exercice proposé consiste à enregistrer point par point la caractéristique d’une diode en utilisant le circuit de la Fig.20.

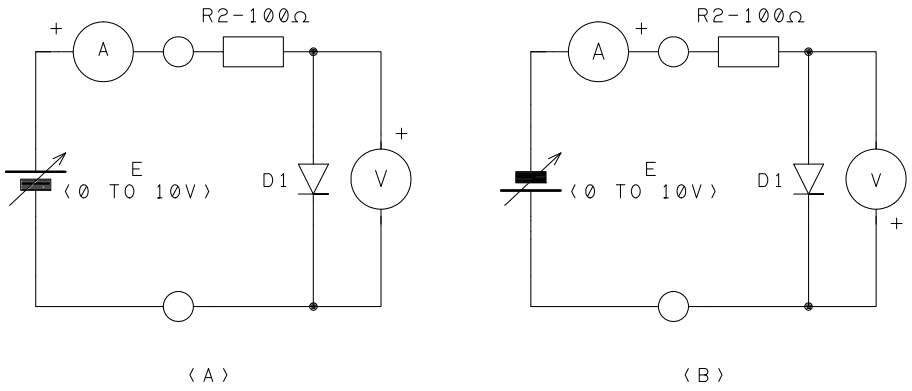


FIG.20 - CIRCUIT TO RECORD THE DIRECT 〈A〉 AND REVERSE 〈B〉 DIODE CHARACTERISTIC 〈R2 AND D1 ARE ON-BOARD THE M12 MODULE〉

Le tension d’entrée doit être réglée pat étapes de 0 à +10V pour explorer la zone de conduction directe et de 0 à -10V pour explorer la zone de conduction inverse.

Les résultats devraient être tracés dans un graphique dont l’aspect devrait être comme en Fig.19.

1.10 – La caractéristique de la diode Zener

La Diode Zener est une diode fabriquée pour avoir un claquage inverse non destructif. La caractéristique de ce dispositif rassemble à celle de la Fig.22, où la tension inverse de claquage peut varier, selon le type de diode, de peu de volts à plusieurs dizaines. La Diode Zener de l'unité didactique a une tension de claquage inverse nominale de 4.7V.

L'exercice proposé consiste à enregistrer point par point la caractéristique du dispositif avec la même configuration utilisée pour l'enregistrement de la caractéristique de la diode non Zener. Ici toutefois la valeur de la résistance série de limitation de courant est portée à 1kΩ pour un fonctionnement sûr de la Diode Zener dans la région inverse.
Le courant de claquage inverse pour ce dispositif ne devrait en effet pas dépasser un maximum d'environ 50mA en tout cas.

Les Figures 20 et 21 montrent la configuration de test et la Fig.22 les résultats attendus.

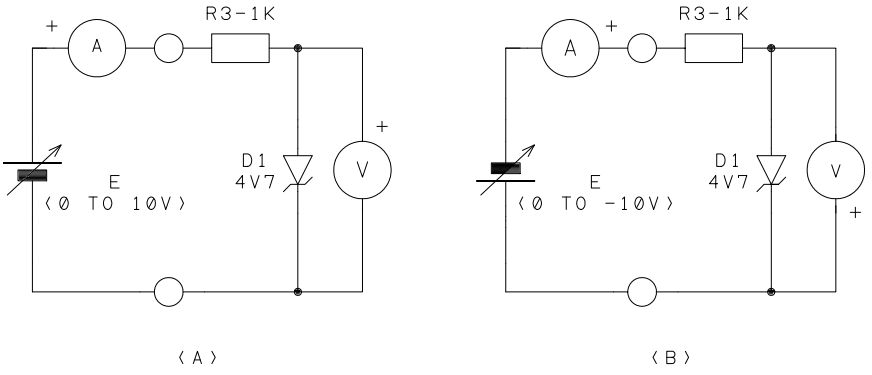


FIG.21 - CIRCUIT TO RECORD THE DIRECT (A) AND REVERSE (B) DIODE CHARACTERISTIC

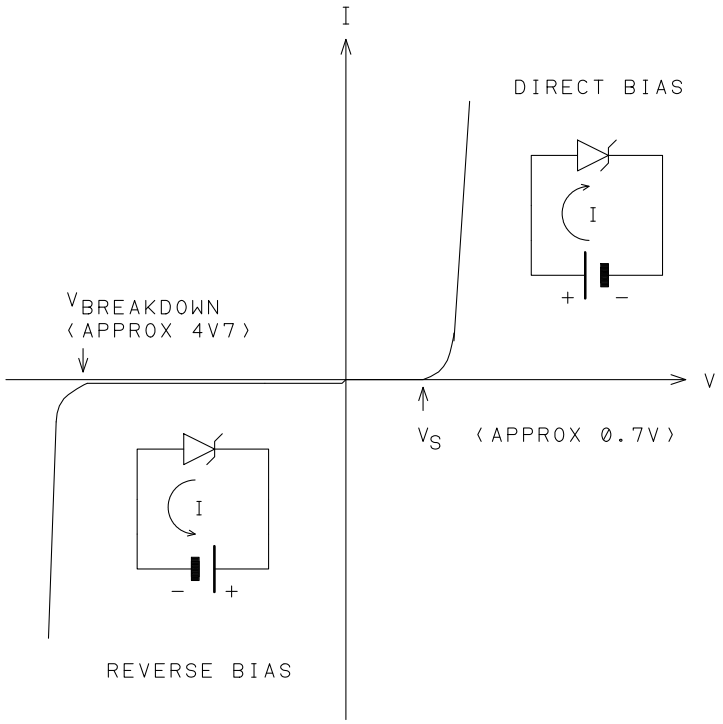


FIG.22 - TYPICAL DIODE CHARACTERISTIC

1.11 – La diode émettrice de lumière (LED)

Les diodes LED sont faites, au lieu de Silicium ou de Germanium comme pour les diodes ordinaires, d'Arséniure de gallium (GaAs). Ce matériel, dûment dopé et traité, montre une caractéristique similaire à celle d'une diode, avec une typique tension de seuil pour conduction directe d'environ 1.4V.
Quand ce type de diode est faite conduire dans la direction directe, elle devient électroluminescente.
La lumière émise peut être dans le domaine visible ou invisible (infrarouge ou ultra-violet) mais est en général concentrée dans une gamme limitée de longueur d'onde. Cette lumière est donc dite être monochromatique.

Plus communément ces diodes sont utilisées pour signalisation et sont fabriquées pour émettre de la lumière rouge, verte ou jaune.

Les limites de fonctionnement pour les diodes LED sont typiquement les suivants:

– Courant direct pour l'émission de la lumière : 5 à 10mA/min.
– Courant direct maximum : 40 à 60mA.
– Tension inverse maximum : 10 à 30Vcc

La configuration recommandée pour tester ce dispositif est montrée dans la Fig.23, tandis que la Fig.24 montre la typique Caractéristique V/I.

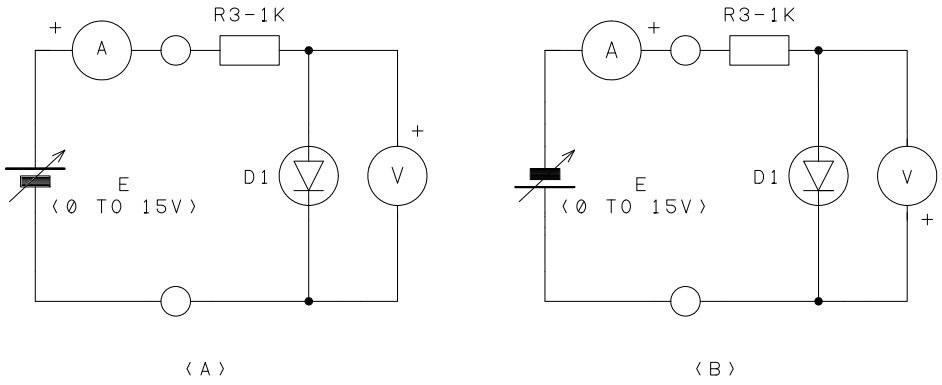


FIG.23 - CIRCUIT TO RECORD THE DIRECT (A) AND REVERSE (B) CHARACTERISTIC OF LED

05CF23

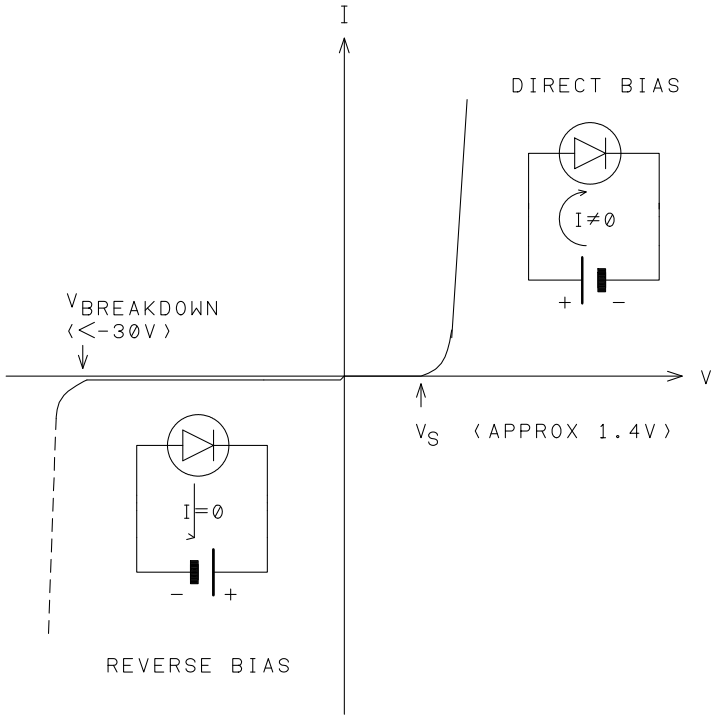


FIG.24 - TYPICAL CHARACTERISTIC OF THE LED DIODE

2 – RESISTANCES EN SERIE ET EN PARALLELE

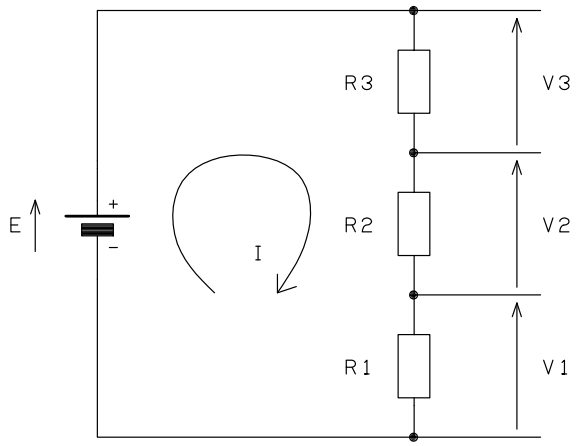


FIG.1 - RESISTORS IN SERIES

Quand deux ou plus résistances sont connectées en série (Fig.1) elles portent le même courant.

La chute de tension aux bornes de chaque résistance est égale au courant multiplié par la valeur de la résistance de chaque résistance, et la tension totale est:

$$V = V1 + V2 + V3 = I \cdot R1 + I \cdot R2 + I \cdot R3 = I \cdot (R1 + R2 + R3)$$

La résistance équivalente à la série des trois est pourtant:

$$R = R1 + R2 + R3$$

Quand deux ou plus résistances sont connectées en parallèle (Fig.2), elles sont alimentées par la même tension.

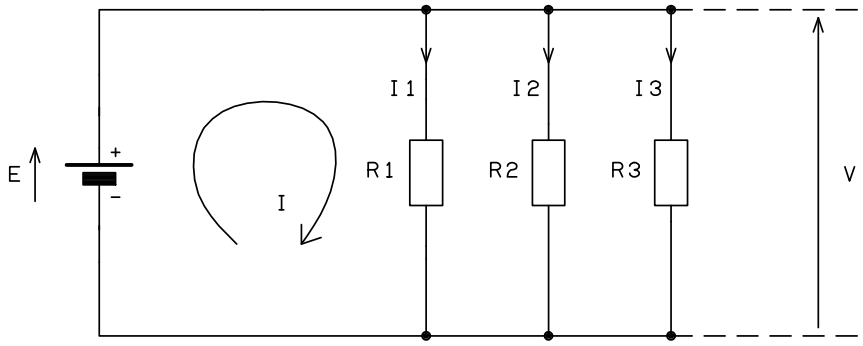


FIG.2 - RESISTORS IN PARALLEL

Le courant total est la somme du courant porté par chacune d'elles, c'est à dire:

$$I = \frac{V}{R1} + \frac{V}{R2} + \frac{V}{R3} \ldots.$$

La résistance équivalente est pourtant:

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} \ldots.}$$

La Figure 1 montre que la tension totale V se divise sur les résistances en séries en proportion directe aux respectives résistances. Il s'agit d'un **Diviseur de tension**.

La Figure 2 montre que le courant I se divise en chaque résistance en parallèle en proportion inverse de chacune résistance. Il s'agit d'un **Diviseur de courant**.

L'exercice consiste à mesurer tensions et courants en exemples de circuit série et parallèle et ensuite à calculer la résistance équivalente.

2.1 – Circuit série

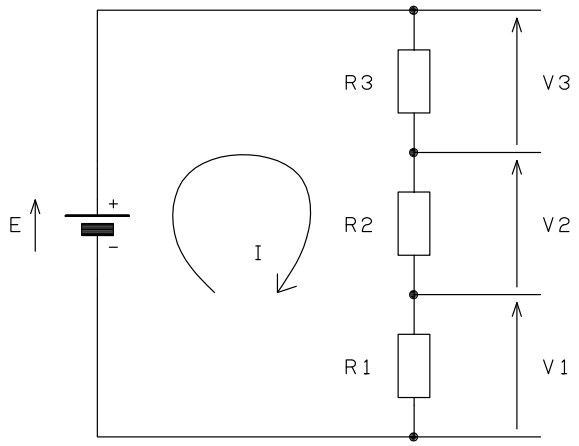


FIG.1 - RESISTORS IN SERIES

– Préparer l'appareil comme montré dans la Fig.1, répétée ici pour plus de commodité.

  Utiliser R1, R2 et R3 de l'unité didactique, qui sont des résistances de respectivement 10, 100 et 1000Ω. Régler la tension à 15V.

– Mesurer le courant circulant dans la série des 3 résistances (13.5mA).

– Mesurer la tension aux bornes de chacune des 3 résistances. Vérifier que $V1+V2+V3=15V$.

– La série des 3 résistances est donc équivalente à une résistance qui absorbe 13.5mA quand elle est soumise à une tension de 15V à ses bornes. Sa résistance est pourtant:

$$R_{eq}=\frac{15V}{13.5mA}=1110\Omega$$

Cette valeur est égale à la somme des valeurs des 3 résistances:

$R=R1+R2+R3$
$R=10+100+1k=1.11k\Omega$

Cela prouve que la résistance équivalente des résistances en séries est égale à la somme des résistances.

2.2 – Circuit parallèle

– Préparer l'appareil comme le montre la Fig.3.

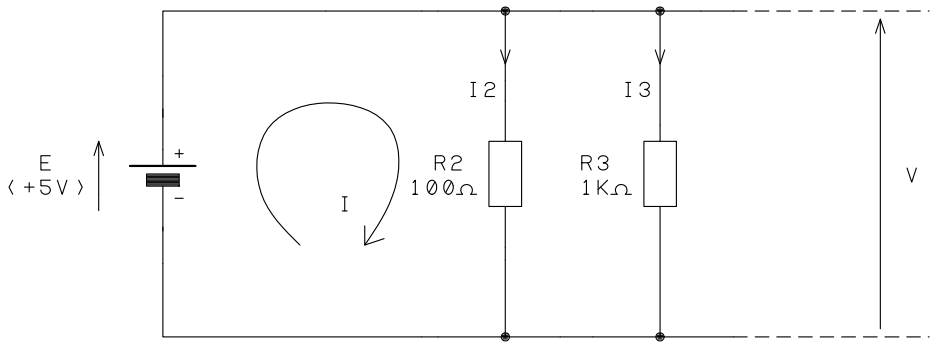


FIG.3 - RESISTORS IN PARALLEL

05CBF3

Utiliser une tension d'alimentation de 5V. L'utilisation d'une tension plus faible que le cas précédent est pour éviter un excès de courant dans les résistances en parallèle.

– Mesurer le courant circulant dans chaque résistance en débranchant temporairement le cordon et en insérant l'ampèremètre en série.

– Mesurer le courant total tiré de l'alimentation. Vérifier que:

$$I_{tot} = I2 + I3$$

$$R_{eq} = \frac{5V}{I_{tot}} = \frac{R2 \cdot R3}{R2 + R3}$$

2.3 – Diviseur de tension

– La Fig.4 montre un Diviseur de tension qui peut être mis en place avec les composants de l'unité didactique.
– Calculer la tension attendue V_0 en fonction de la tension d'entrée V_i et les valeurs des composants.

$R1 = 4.7k\Omega;\quad R3 = 1k\Omega;\quad R4 = 10k\Omega.$

$$V_0 = \frac{R4}{R1 + R3 + R4} \cdot I$$

– Vérifier votre résultat par des mesures réelles sur le circuit. Appliquer pour V_i une tension de $+15V$.

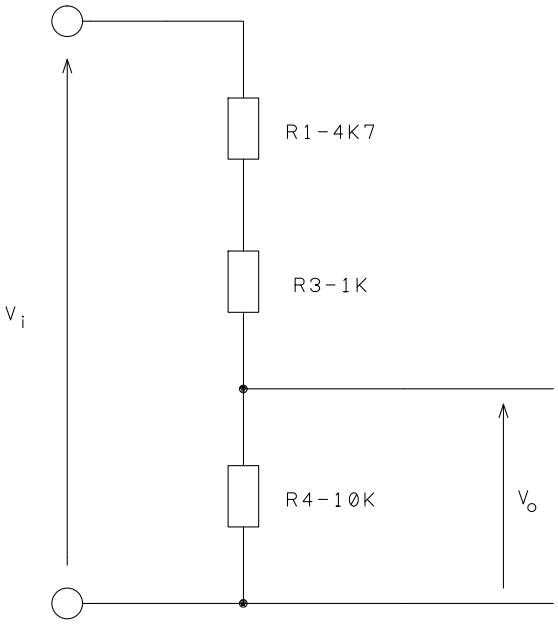


FIG.4 - THE VOLTAGE DIVIDER
05CBF4

2.4 – Diviseur de tension chargé

– Avec la même configuration que dans le cas précédent (Fig.4) mettre $V_i = 15V$ et mesurer V_0.

– Connecter une résistance de 47KΩ comme charge pour le Diviseur de Tension (Fig.5). La tension de sortie est changée. Mesure et enregistrer la nouvelle valeur.

– Expliquer par calcul que la nouvelle valeur de la sortie est correcte. Utiliser la Fig.5 pour vous aider. Calculer d'abord la résistance équivalente de R4 et R2 en parallèle, puis l'équivalent de la série de R1, R3, R2//R4.

– Calculer le courant dans la série, puis la tension aux bornes de R2//R4.

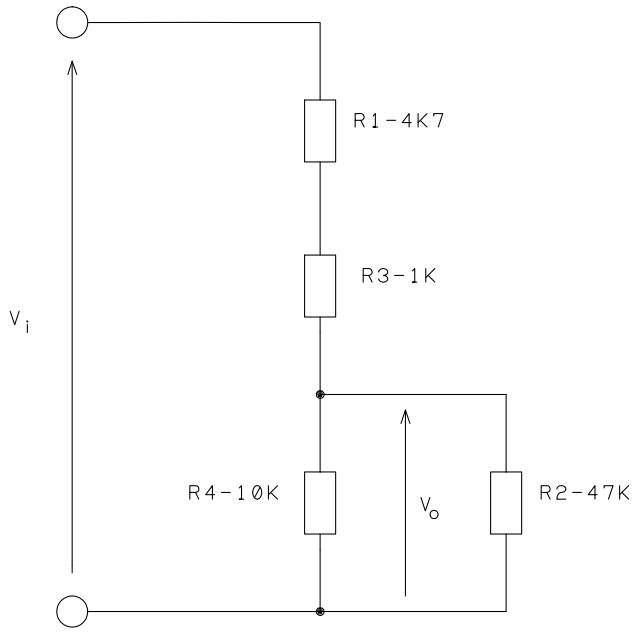


FIG.5 - THE VOLTAGE DIVIDER IN LOADED CONDITIONS
05CBF5

Vérifier que cette valeur calculée coïncide avec la valeur que vous avez mesurée pour le diviseur chargé.

2.5 – Le potentiomètre

Le potentiomètre est une résistance avec une prise intermédiaire coulissante (Fig.6A).

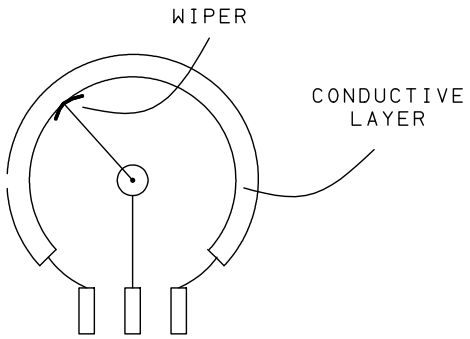


FIG.6A

La prise intermédiaire (Curseur) peut être déplacée d'un bout de la résistance à l'autre et pourtant peut mettre en œuvre un diviseur de tension réglable, dans lequel les deux résistances sont faites varier en même temps.
Il y a des potentiomètres construits en différentes formes (type à rotation et type coulissant linéaire), avec différentes techniques (à fil bobiné, à couche conductrice sur un substrat isolant, etc.) et avec différentes lois de résistance en fonction de la position: linéaire, logarithmique, etc.

Le potentiomètre nous allons étudier est d'un type rotatif et linéaire.
Sa puissance nominale est 0.4W et sa résistance de bout en bout est de 10kΩ.

– Mettre en place l'équipement comme indiqué dans la Fig.6B.

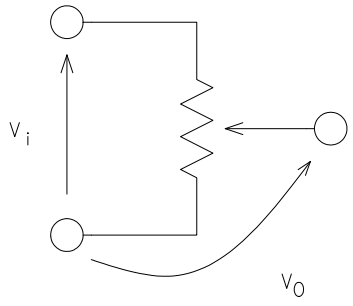


FIG.6B

– Régler l'alimentation V_i pour 10V.

– En enregistrant l'indication du cadran, placer le potentiomètre en position intermédiaire de 0, 10, 20, 30….100%, puis mesurer pour chaque réglage la tension de sortie V_0.

– Vérifier la relation linéaire entre les angles et les tensions.

La Figure 7 montre une autre méthode d'utilisation du potentiomètre: comme une RESISTANCE VARIABLE.

Quand on utilise les potentiomètres de cette manière, noter que le courant

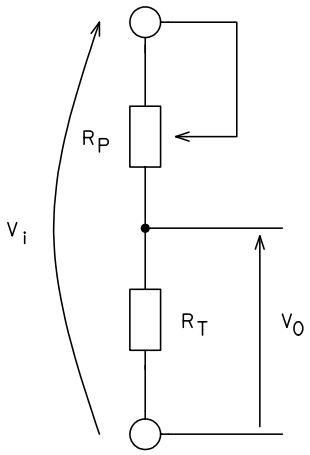


FIG.7 – USE OF THE POTENTIOMETER AS A VARIABLE RESISTOR

augmente jusqu'à un maximum quand le curseur du potentiomètre est réglé pour un minimum de résistance, (c'est à dire vers l'extrémité inférieure du potentiomètre dans la Fig.7).
Le courant ne doit pas dépasser la valeur maximale pour le potentiomètre. Calculer cette valeur maximum comme suit:

– Puissance nominale du potentiomètre: 0.4W

– Valeur de la résistance: 10kΩ

– $P = 0.4W = R.I^2$; puis $I_{max} = \approx 6.3mA$

$$P = 0.4W = \frac{V^2}{R} = \frac{V^2}{10k\Omega}; \quad \text{then } Vmax = \approx 63.2V$$

– Avec la configuration de la Fig.7 le courant maximal en R_T est V_i/R_T. Cette valeur doit être inférieure à 6.3mA pour éviter de détruire le potentiomètre.

– Régler le générateur pour 10V et utiliser comme RT la résistance $R4 = 10k\Omega$. Mesure et enregistrer la tension de sortie en fonction de l'angle.

2.6 –Pont de Wheatstone

L'unité didactique comprend les équipements pour expérimenter les propriétés du Pont de Wheatstone.

La Figure 8 représente le Pont.

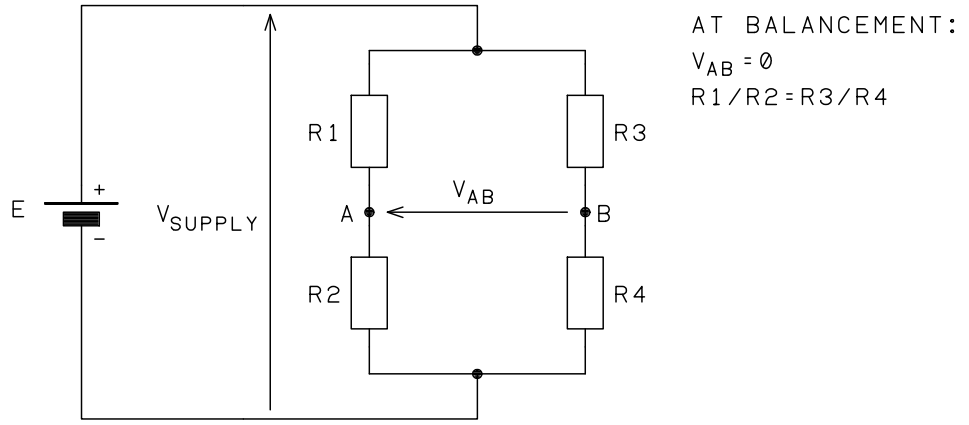


FIG.8 – THE WHEATSTONE BRIDGE

Le pont est dit équilibré quand $V_A = V_B$, c'est à dire:

$$V_A = \frac{V \cdot R2}{R1 + R2} = V_B = \frac{V \cdot R4}{R3 + R4}$$

D'ici, avec un peu de passages mathématiques nous obtenons la condition pour l'équilibre du pont:

$$\frac{R1}{R2} = \frac{R3}{R4}$$

L'équation nous montre ce qui suit:

– La condition d'équilibre ($V_{A-B} = 0$) une fois établie, se maintient quelle que soit la tension d'alimentation. Changements, dérives, erreurs dans la tension d'alimentation n'affecteront pas les résultats et les mesures effectués sur un pont équilibré.

– Si l'une des 4 résistances du pont équilibré est inconnue, elle peut être calculée connaissant la valeur de l'une des autres et le rapport des deux autres.

Grâce aux deux propriétés qu'on vient d'exprimer, le Pont de Wheatstone, dans une infinie variété de formes, est probablement l'un des circuits plus utilisés en électronique.

Dans cette expérience nous examinerons ces propriétés en pratique.

– Préparer un circuit d'essai comme le montre la Fig.9.

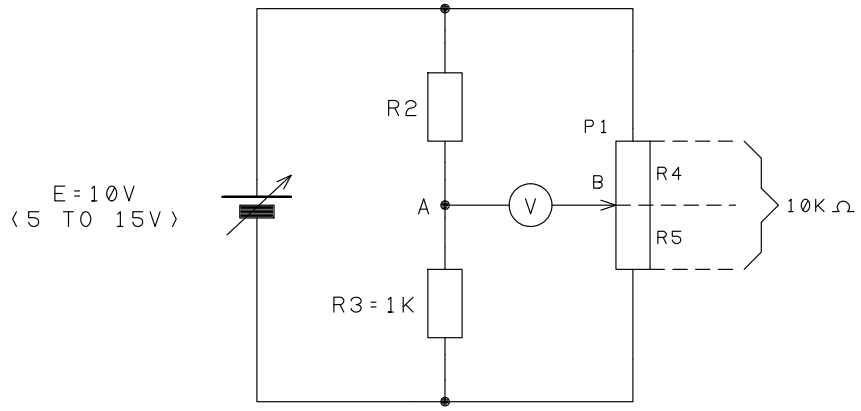


FIG. 9 - MEASUREMENT OF R2
05CBF9

On utilise ici les Résistances R2 = 100Ω, R3 = 1kΩ et le potentiomètre P1 = 10kΩ.

– Régler l'alimentation variable pour une valeur initiale de 10V. Connecter un voltmètre aux bornes A et B du pont.

– Régler P1 pour équilibrer le pont, c'est à dire jusqu'à une lecture zéro V sur le Voltmètre. Noter que quand le zéro est dépassé, le Voltmètre tend à donner une indication négative.

– Une fois le pont est équilibré, déplacer la poignée de l'alimentation réglable jusqu'à 5V et jusqu'à 15V, et voir que l'équilibre est maintenu quelle que soit la tension d'alimentation.

– Supposons que R2 est inconnu. P1 est un potentiomètre linéaire avec une échelle graduée à 0 en position complètement antihoraire et 10 en position complètement horaire.

  Si R4 est la lecture de l'échelle à équilibre, R5 = 10-R4 est la course restante du potentiomètre.
  La résistance inconnue sera calculée comme:

$$R2 = \frac{R4}{R5} \cdot R3 = \frac{R4}{10 - R4} \cdot R3$$

Comparez votre résultat à la valeur nominale de R2 (100Ω).

– Echanger les positions de R2 et R3 dans le pont et répéter les calculs.
  Quel est le nouveau résultat?

– Remplacer R2 avec une autre résistance de l'unité didactique et répéter le mesure comme ci-dessus.

2.7 – Lois de Kirchhoff

Considérons le circuit de la Fig. 10. Nous allons utiliser cette organisation pour vérifier en pratique les lois de Kirchhoff et pour apprendre à les utiliser pour les calculs sur les réseaux électriques.

1ère Loi de Kirchhoff

Les points A et B dans la Fig. 10 s'appellent NŒUDS. En chaque nœud du réseau la somme algébrique des courants de toutes les branches est égale à zéro.

Pour le nœud A: $I_{A1}+I_{A2}+I_{A3} = 0$
Pour le nœud B: $I_{B1}+I_{B2}+I_{B3} = 0$

L'expérience est réalisée en insérant un Ampèremètre à son tour dans chacune des branches du réseau concerné et en mesurant les courants.
Chaque courant doit avoir un signe: nous supposer un signe + pour les courants entrant dans un nœud et un signe – pour les courants sortant du nœud.

Pour le nœud A vos mesures devraient être les suivantes:

I_{A1} = 1.07mA; I_{A2} = -0.19mA; I_{A3} = -0.88mA

Ainsi que: 1.07-0.19-0.88 = 0

Répéter pour le nœud B.

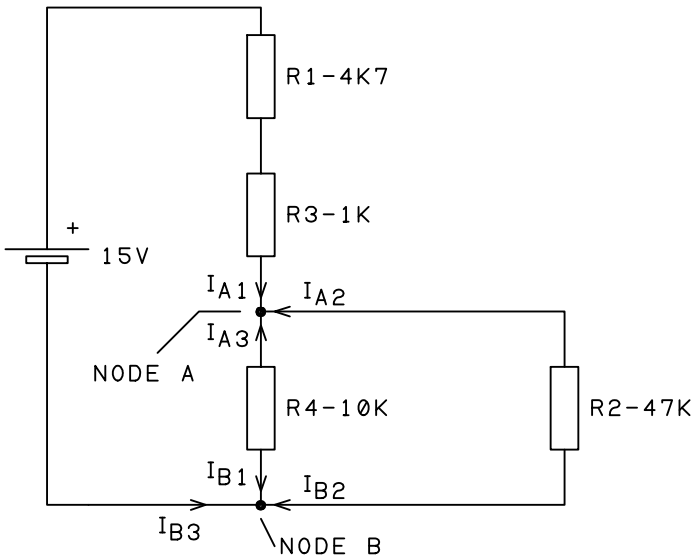


FIG.10 - SETUP TO STUDY THE 1st KIRCHHOFF LAW

05CJ210

2nde Loi de Kirchhoff

Voir la Fig. 11. Dans ce réseau électrique nous pouvons identifier 3 boucles (ou mailles), indiquées comme A, B, C.
Le 2nde Loi de Kirchhoff établit qu'en chaque boucle du réseau, la somme algébrique de toutes les tensions à travers les branches de la boucle est zéro.

Pour la boucle A: $V_A + V_B + V_C + V_D = 0$.

L'expérience consiste à mesurer V_A.... V_D avec un Voltmètre et vérifier que leur somme est égale à zéro.
On doit donner un signe à chaque tension: un "+" si la pointe de la flèche représentant la tension dans la Fig. 11 est plus positive que l'autre extrémité de la flèche. Un "-" dans l'autre cas.

Pour la boucle A nous mesurons:
V_A = +15V; V_B = -5,057; V_C = -1,076V; V_D = -8,867

Ainsi que +15-5.057-1.076-8.867 = 0.
Répéter pour les boucles B et C.

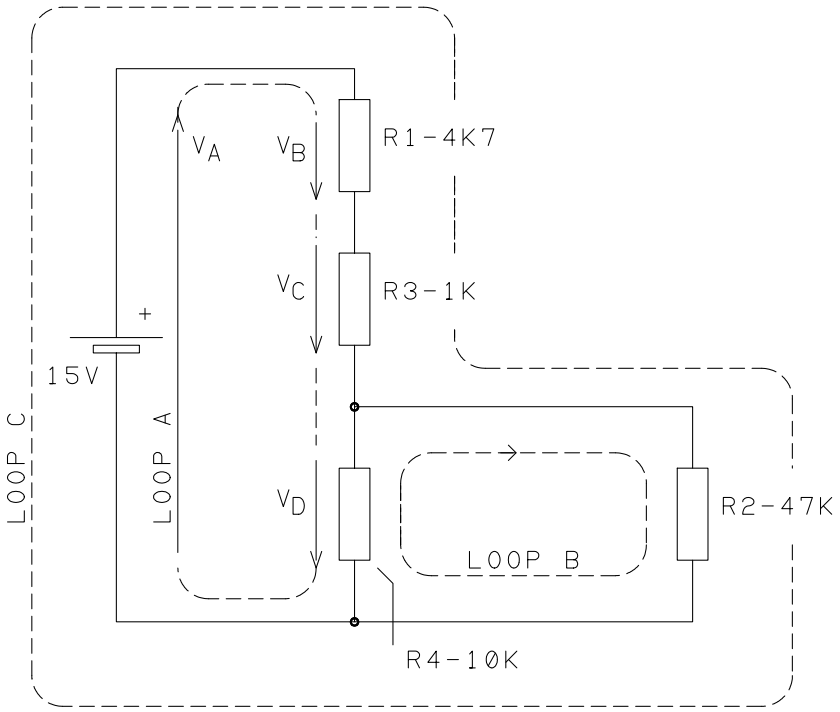


FIG.11 - CIRCUIT TO STUDY THE 2nd KIRCHHOFF LAW

05CJ211

2.8 – Théorèmes de Thévenin et de Norton

Le sens et les possibilités offerts par ces théorèmes dans l'analyse des circuits seront explorés à l'aide d'un exemple de problème.
Considérons la Fig. 12 qui représente un circuit électrique. Supposons d'être intéressés à prédire les tensions et les courants en R2 pour beaucoup de valeurs différentes de cette résistance de charge.

Nous pourrions résoudre le problème avec l'analyse ordinaire des circuits (Lois de Kirchhoff) par chaque valeur de R2 ou utiliser une méthode plus efficace, comme suit.

Le trait en pointillé dans la Fig. 12 entoure les parties du circuit qui restent inchangées quand R2 prend des valeurs différentes.
R2 semble reliée au réseau renfermé dans la ligne en pointillé à travers les bornes A et B.

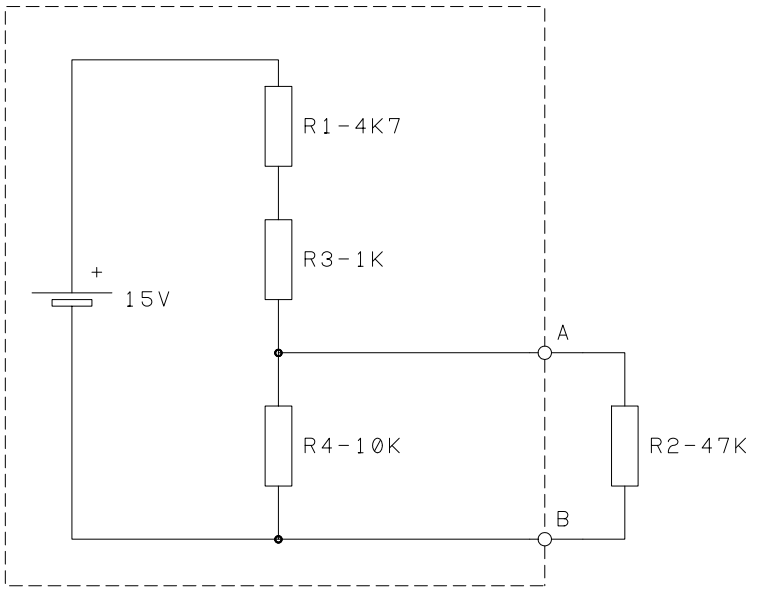


FIG.12 - SAMPLE NETWORK TO STUDY
THEVENIN AND NORTON THEOREMS

05CJ212

Le Théorème de Thévenin

Le Théorème de Thévenin établit que sous certaines conditions (voir votre manuel de théorie) le réseau renfermé dans la ligne en pointillé de la Fig. 12 équivaut à un générateur idéal de tension V_{AB0} en série avec une résistance interne R_I. Voir la Fig. 13.

V_{AB0} est la tension entre A et B quand aucune charge n'est appliquée.
R_I peut être facilement calculé par le rapport de V_{AB0} au courant de court-circuit entre A et B.

Passons aux travaux pratiques:

- débrancher R2 et mesurer V_{AB} avec un Voltmètre en courant continu
- placer un Ampèremètre entre A et B et mesurer le courant de court-circuit.

NOTE: mettre des courts-circuits dans les circuits électriques est dans la plupart des cas une procédure très dangereuse. Les courants élevés généralement impliqués peuvent endommager les composants et même être dangereux pour les personnes.
Ici nous pouvons le faire puisque nous connaissons le contenu de notre boîte noire: le courant de court-circuit sera limité par la présence de R1 et R3 en série avec le générateur.
N'oubliez pas toutefois que ce n'est pas vrai dans tous les cas.

Revenant à notre travail:

$$R_I = \frac{V_{ABO}}{I_S}$$ où Is = courant de court-circuit

Les résultats de vos mesures et le calcul sera environ le suivant:

$V_{AB0} = 9.55V$; $I_{sc} = 2.63mA$

$$R_I = \frac{9.55}{2.63} = 3.63Kohm$$

Le réseau initial (Fig. 12) devient équivalent à celui de la Fig. 13, qui permet une simple prévision des tensions et des courants pour n'importe quelle valeur de R2.

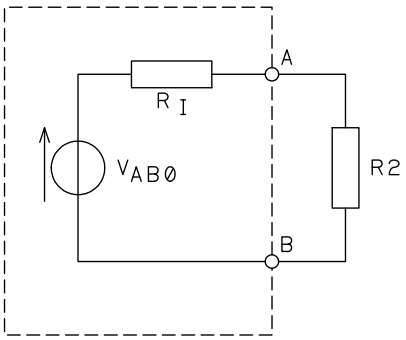


FIG.13 - EQUIVALENT CIRCUIT OF FIG. 12 AFTER THEVENIN

1105J213

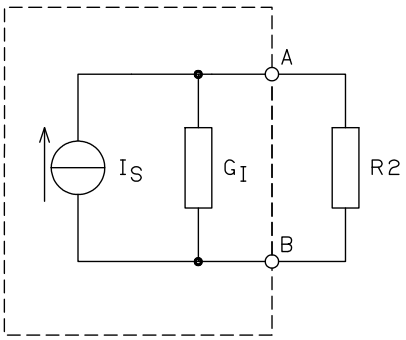


FIG.14 - EQUIVALENT CIRCUIT OF FIG.12 AFTER NORTON

1105J214

Supposons d'appliquer une charge R2 = 47kΩ. Par simple calcul on obtient:

$$V_{R2} = \frac{V_{AB0}}{R_i + R_2}.R_2 = 9.55V$$

$$I_{R2} = \frac{V_{R2}}{R_2} = 0{,}18mA$$

Vérifier par des mesures que ces valeurs sont correctes.

Le Théorème de Norton

Le Théorème de Norton établit que sous certaines conditions (voir votre manuel de théorie) le réseau renfermé dans la ligne en pointillé de la Fig. 12 équivaut à un générateur idéal de courant I_S avec une conductance interne G_I en parallèle. Voir la Fig. 14.

I_S est le courant de court-circuit entre A et B.
G_I est le rapport du courant de court-circuit I_S à la tension à vide entre A et B.

Les deux I_S et V_{AB0} sont connus des mesures faites pour le cas précédent (Théorème de Thévenin). S'ils n'étaient pas connus, on pourrait les mesurer dans la même manière.

Comme fait pour le cas précédent, nous pouvons maintenant supposer de charger notre circuit équivalent avec une charge, par exemple $R2 = 47k\Omega$.
Nous pouvons alors calculer la tension et le courant prévus sur la charge et enfin vérifier ces valeurs avec la mesure réelle.
Tout se déroule exactement comme pour le cas du théorème de Thévenin. En effet les deux théorèmes sont deux différentes formulations de la même idée de base sur la façon de produire des circuits équivalents de réseaux de n'importe quelle structure.

3 – MESURES EN COURANT CONTINU

3.1 – Instruments de mesure pour courants et tensions continus

L'instrument de mesure de base pour courant continu se compose d'une bobine de fil mince immergée dans un champ magnétique dont les lignes de flux ont une géométrie appropriée.
Quand un courant circule dans la bobine, une action mécanique est générée, tendant à maximiser le flux intercepté par la bobine.
La force mécanique est contrastée par un ressort et le mouvement de la bobine est une indication de l'intensité du courant.

L'instrument de base est construit dans une variété de formes mais son principe est toujours le même, et, le plus important pour notre étude maintenant, est que cet instrument est un MICROAMPEREMETRE.

Les instruments de type industriel sont normalement construits pour une déviation pleine échelle avec 10, 20, 50, 100μA.

3.2 – Le Voltmètre

Afin de transformer le microampèremètre de base en un Voltmètre, une résistance doit être ajoutée en série.

Avec cette expérience nous allons d'abord mesurer la résistance interne d'un voltmètre et ensuite apprendre comme étendre la gamme de mesure d'un voltmètre.

Se référer à la Fig.1A.

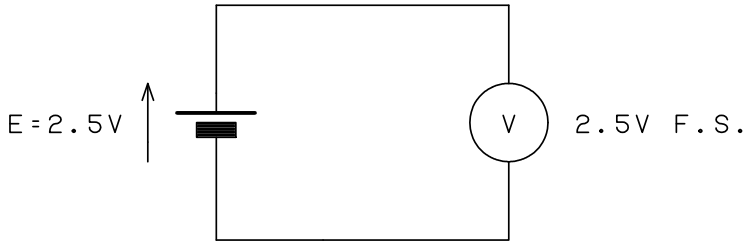


FIG.1A – CONNECTION OF THE VOLMETER

Ici le testeur portable de l'unité didactique est réglé pour mesure de tension continue, 2.5Vcc pleine échelle, et est connecté à la sortie variable de l'alimentation. Cette dernière est ajustée pour fournir une déviation pleine échelle de "250 unités".

Le voltmètre apparaît schématisé comme un microampèremètre, complètement dévié, plus une résistance en série, inconnue pour le moment. Voir la Fig.1B.

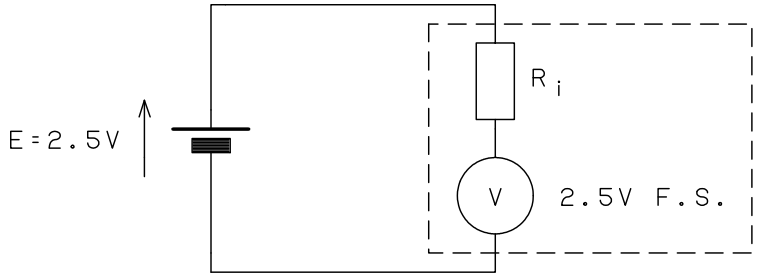


FIG.1B – EQUIVALENT CIRCUIT OF FIG.1A

Dans la Fig.2 ci-après, une résistance de 100kΩ est connectée en série avec le voltmètre et l'indication de l'instrument tombe des 250 "unités" d'origine à une valeur de K "unités".

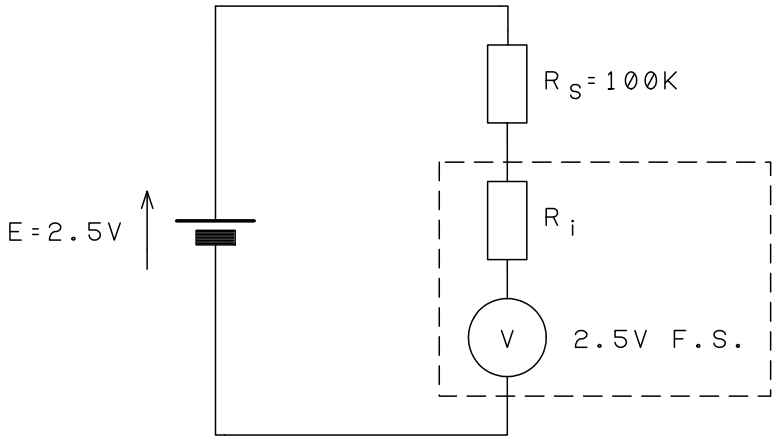


FIG.2 - MEASUREMENT OF R_i

Nous pouvons écrire:

$$\frac{2.5V}{R_i} = 250 \text{ units}$$

$$\frac{2.5V}{R_i + R_s} = K \text{ units}$$

Et donc:

$$\frac{R_i}{R_i + R_s} = \frac{K}{250}$$

à partir de laquelle on calcule:

$$R_i = R_s \cdot \frac{1}{1 - \frac{K}{250}}$$

L'exercice suit donc les étapes suivantes:

– Régler le testeur pour 2.5Vcc pleine échelle et le placer à la sortie de l'alimentation variable.

– Régler cette dernière pour une déviation pleine échelle.

– Ajouter une résistance de 100k en série (disponible sur l'unité didactique).

– Lire la nouvelle indication (K "unités").

– Insérer ces valeurs, 100kΩ pour R_S et K pour K dans la formule de R_i.

Deuxième partie de l'exercice:

Calculer la valeur de la résistance qui doit être ajoutée en série à votre instrument 2.5Vcc pour étendre sa gamme à 15V pleine échelle.

3.3 – L'ampèremètre

Un ampèremètre est un instrument pour mesurer les courants. Il a déjà été expliqué dans d'autres parties de ce manuel que pour faire fonctionner l'ampèremètre, le courant de mesure doit circuler à travers lui.
L'Ampèremètre doit donc être placé en série avec le conducteur où le courant doit être mesuré.

Il a également été expliqué que tous les Ampèremètres sont en effet nés comme Microampèremètres. L'extension de la plage de mesure est obtenue en mettant des résistances de valeur correcte en parallèle avec le mètre, de façon que seulement une fraction du courant de mesure circule dans l'instrument.

Dans cet exercice nous allons appliquer le principe de dévier le courant sous mesure et d'étendre la gamme de mesure d'un ampèremètre.
Considérer la figure 3.

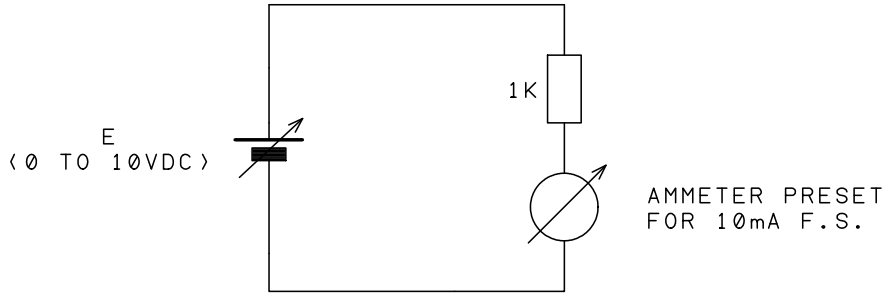


FIG.3 – CIRCUIT TO MEASURE R_i (STEP 1)

L'un des testeurs portables fournis avec l'unité didactique est préréglé pour la mesure de courant de 10mAcc. Nous supposer d'ignorer la résistance interne de l'instrument, R_i.

L'ampèremètre 10mA est placé en série avec une résistance de 1kΩ, dont la fonction est de limiter le courant maximum, et de protéger l'instrument.

La source de tension variable est réglée pour une pleine échelle de 10mA.

A ce point une résistance de 10Ω (disponible dans l'unité didactique) est connectée en parallèle à l'instrument (voir Fig.4).

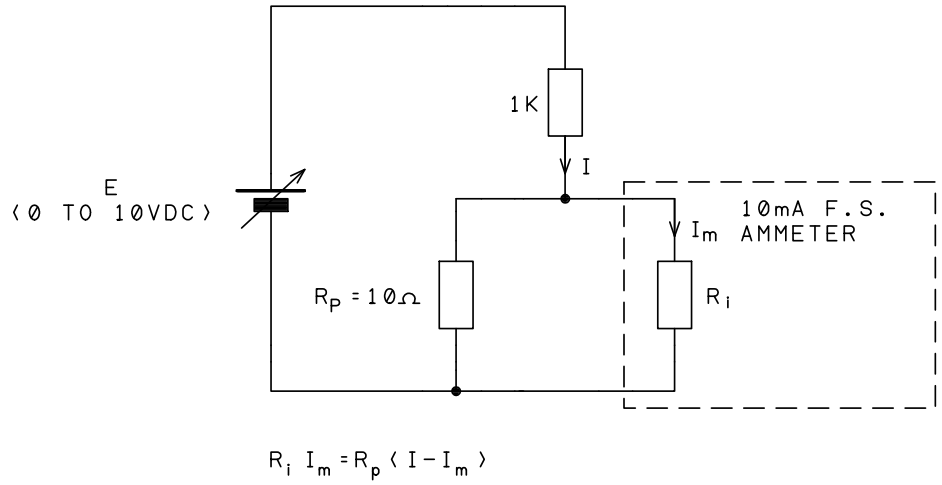


FIG.4 – CIRCUIT TO MEASURE R_i (STEP 2)

L'indication de ce dernier tombe à K[mA].
En lisant K et par quelque calculs on obtient la résistance interne de notre ampèremètre10mA:

– Commençons par observer que la résistance de 10Ω ne fait pas changer pratiquement le courant fourni par la source de tension, qui est:

$$I = \frac{V_{supply}}{1k\Omega}$$

– Dans un cas (Fig.3) tout ce courant circule à travers l'ampèremètre. Dans le second cas (Fig.4) le courant se divise en proportions inverses aux résistances. Indiquer par I_m le courant dans l'ampèremètre:

$$R_i I_m = R_p \cdot (I - I_m)$$

I est connu (V_{supply}/1kΩ).
Im est lu sur l'instrument.
Rp est connu (10Ω).
Ri peut donc être facilement calculé.

Seconde partie de l'exercice:

Une fois connue R_i, nous pourrons calculer R_p pour chaque expansion de l'échelle de l'instrument en utilisant la dernière formule ci-dessus.

Calculer R_p comme exercice afin d'avoir une déviation pleine échelle (10mA) quand le courant est 500mA.

Utiliser la formule $R_i \cdot I_m = R_p(I-I_m)$ où R_i est connu de l'exercice précédent.
I_m est 10mA.
I est 500mA.

3.4 – Circuit équivalent d'un générateur

Un GENERATEUR DE TENSION est un dispositif idéal capable de maintenir une tension constante entre ses bornes, quel que soit le courant tiré de lui.

Un GENERATEUR DE COURANT est un dispositif idéal capable de maintenir constant le courant circulant à l'intérieur/extérieur de ses bornes quelle que soit la charge connectée.

Les deux dispositifs sont idéaux dans le sens qu'ils ne peuvent pas exister dans ce monde. Pouvez-vous imaginer un générateur idéal de tension délivrer un courant infini sur une charge de zéro ohm, ou un générateur idéal de courant à vide élever sa tension à une valeur infinie?
Dans la pratique les générateurs peuvent être fabriqués pour se comporter assez bien comme un type ou l'autre dans une certaine gamme de fonctionnement.

Dans la pratique toute source de puissance électrique peut être supposé, à des fins d'étude, composé d'un générateur idéal de tension avec une résistance en série ou un générateur idéal de courant avec une résistance en parallèle.

Le but de cet exercice est de s'exercer avec ces deux modes de schématiser les générateurs réels.
Considérer la Fig.5.

Ne tenons pas compte pour le moment de tous les éléments renfermés dans la zone en pointillés. Nous pouvons supposer que A et B sont les bornes d'une source d'énergie électrique (générateur réel). Nous allons étudier cette source.
–

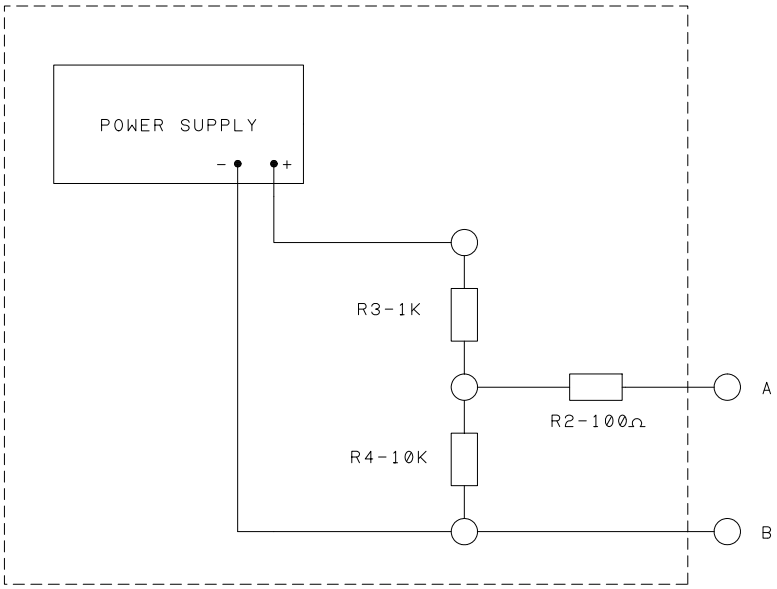


FIG.5 - CIRCUIT TO STUDY REAL GENERATORS

05CFC5

Au début on mesure la tension entre A et B à vide.

– Deuxièmement nous mesurons le courant de court-circuit de la source, c'est à dire le courant circulant entre A et B en court-circuit.
  Note: ceci est **très dangereux** de faire dans un cas concret sauf quand nous sommes sûrs que des niveaux de faible puissance sont impliqués et quand nous sommes sûrs qu'aucun dommage ne se produira en court-circuitant les deux bornes.
– Nous traçons les deux valeurs dans un graphique comme celui de Fig.6, puis on tire une ligne entre les deux points. C'est la caractéristique de notre générateur réel.

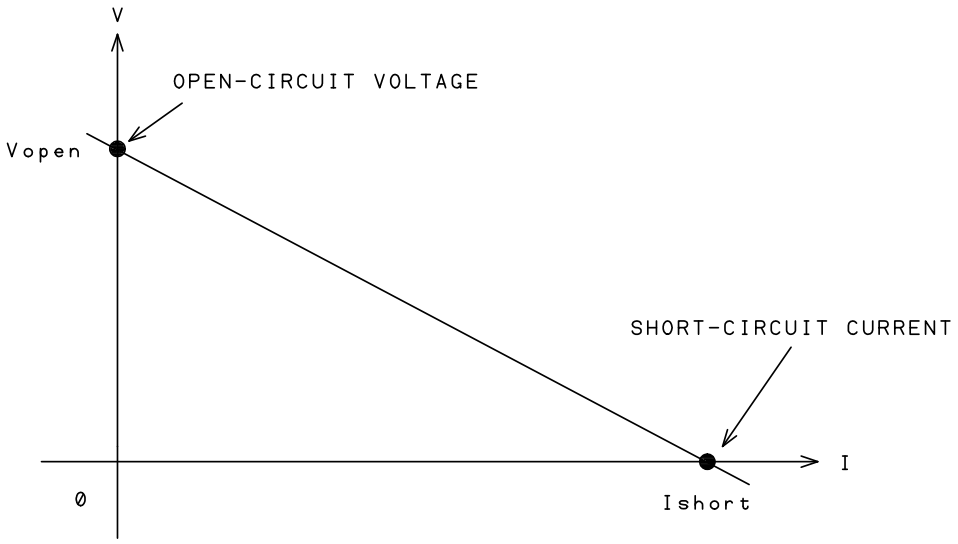


FIG.6 - CHARACTERISTIC OF THE EQUIVALENT GENERATOR

– Une caractéristique de ce genre pourrait bien être donnée par les circuits de la Fig.7 et 8.
  Ces deux sont les circuits équivalents de notre source et nous pourrons utiliser ces deux schématisations dans tous les calculs concernant la solution du circuit.

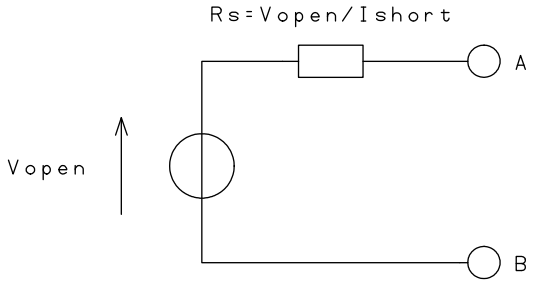


FIG.7 - EQUIVALENT VOLTAGE GENERATOR WITH SERIES RESISTANCE

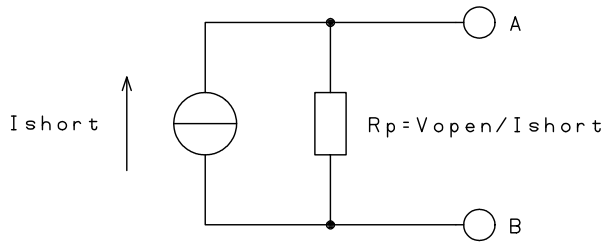


FIG.8 - EQUIVALENT CURRENT GENERATOR WITH PARALLEL RESISTANCE

Procéder avec le travail pratique en mettant en place l'appareil comme dans la Fig.5, puis mesurer la tension en circuit ouvert et le courant de court-circuit.

Mettre ces valeurs dans un graphique comme celui de la Fig.6, puis calculer la résistance interne équivalente de la source par le rapport V_{open}/I_{short}.

Nous allons faire maintenant deux contrôles pour voir si nos modèles fonctionnent.

1er contrôle:
Connecter une charge aux bornes A et B comme montré dans la Fig.9.

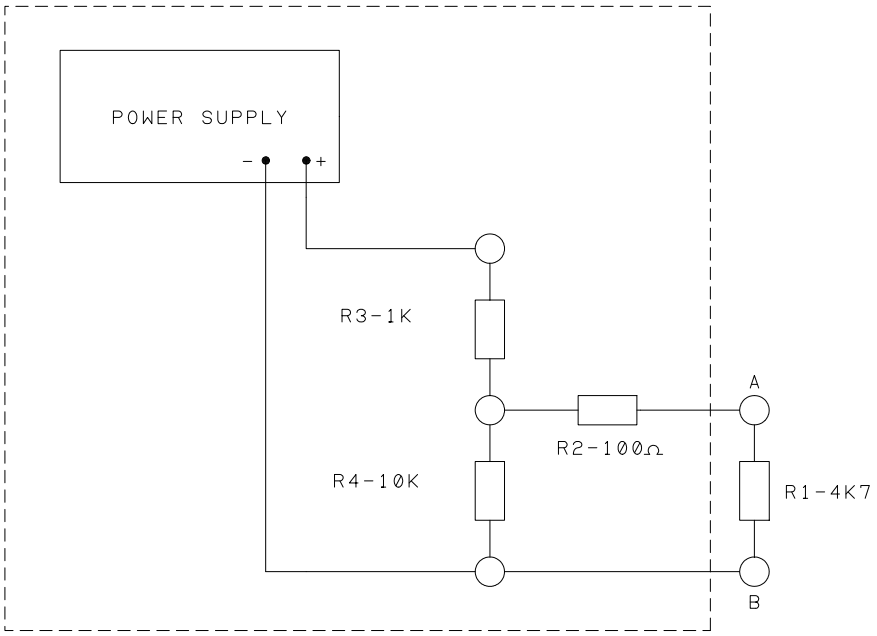


FIG.9 - CIRCUIT TO STUDY THE LOADED REAL GENERATOR
05CFC9

Mesurer la tension et le courant et vérifier qu'on obtiendrait les mêmes valeurs calculées sur les circuits des Figures 10 et 11.

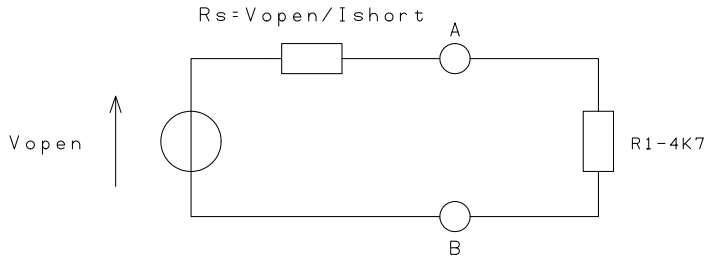


FIG.10 - EQUIVALENT VOLTAGE GENERATOR WITH SERIES RESISTANCE, LOADED

05CFC10

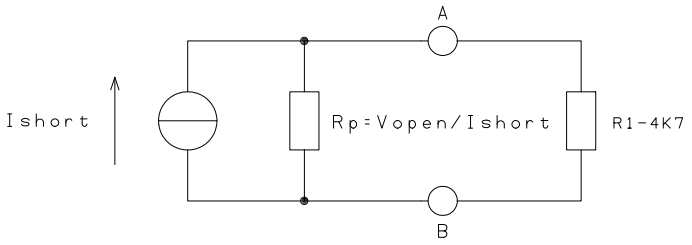


FIG.11 - EQUIVALENT CURRENT GENERATOR WITH PARALLEL RESISTANCE, LOADED

05CFC11

Dessiner dans le graphique de la Fig.6 le point de fonctionnement du générateur chargé. Vérifier que ce point peut être obtenu en dessinant sur la même feuille la caractéristique du générateur et celle de la charge séparément (Fig.12).

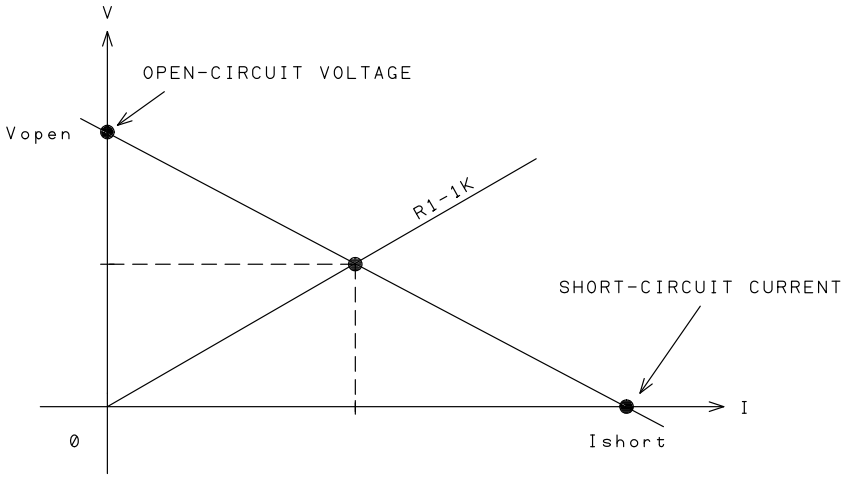


FIG.12 - GRAPHICAL SOLUTION OF THE GENERATOR/LOAD PROBLEM

L'intersection est le seul point où le générateur et la charge ont la même tension et le même courant.

2nd contrôle:

Voir encore la Fig.5. Dans le cours de théorie nous avons appris que l'impédance interne de la source, comme on la voit de AB est:

$$R_S = R2 + \frac{R3 \cdot R4}{R3 + R4}$$

Faisons le calcul, puis voyons si le résultat est cohérent avec la valeur de R_S obtenue à partir de nos mesures précédentes.

3.5 – PUISSANCE EN COURANT CONTINU – TRANSFERT DE PUISSANCE

Le fait qu'un courant circule dans un circuit ou dans une partie de celui-ci implique l'existence d'un transfert d'énergie d'une partie du circuit à l'autre. Prenons le simple cas de la Fig.13.
Ici le générateur fournit énergie ou puissance à la charge R_L.
La quantité de puissance qui s'écoule du côté du générateur au côté de la charge à travers la section A-B est égale au produit de la tension entre A et B par courant qui circule dans le conducteur A ou dans le conducteur B.
Noter que la puissance délivrée par le générateur est égale à la puissance absorbée par la charge.

Dans le circuit de la Fig.13 mesurer V_{AB} et I et calculer la puissance absorbée par la résistance de charge.

Comme une nouvelle étape supposons de remplacer la charge fixe $R_L = 1K$ avec une charge variable. En pratique cela peut être fait en remplaçant R_L avec le potentiomètre de 10K disponible. Voir la Fig.14.
Pour chaque point de réglage du potentiomètre il y aura une valeur différente de la puissance transférée à la charge. Cette puissance peut être calculée comme suit:

$$V_{AB} = \frac{E}{R_s + R_L} \cdot R_L$$

$$I_{LOAD} = \frac{V_{AB}}{R_L}$$

$$P = V_{AB} \cdot I_{LOAD} = V_{AB} \cdot \frac{V_{AB}}{R_L} = \frac{V^2{}_{AB}}{R_L} = \frac{E^2 R_L}{(R_S + R_L)^2}$$

Il peut facilement être démontré mathématiquement que le maximum transfert de puissance du générateur à la charge se produit pour une valeur de la charge $R_L = R_S$. Dans ce cas le transfert de puissance devient:

$$P_{MAX} = \frac{E^2}{4R_L}$$

L'expérience consiste à mettre en place le circuit de la Fig. 14, où une résistance de 4K7 simule la résistance en série du générateur idéal E.
Pour les différent réglages de P (= différentes valeurs de R_L) mesurer le courant et la tension sur la charge et calculer la puissance dans la charge.
Tracer la courbe puissance dans la charge en fonction des valeurs de R_L, pour obtenir un graphique comme celui de la Fig.15.
Vérifier que le transfert de puissance maximum est pour R_L = 4K7.

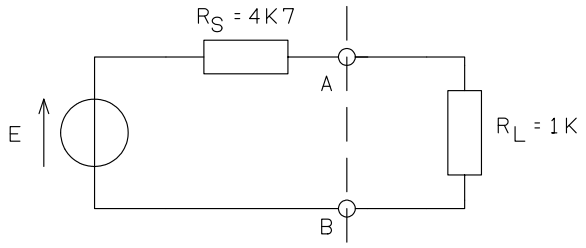


FIG.13 - FOR THE DEFINITION OF DC POWER TRANSFER

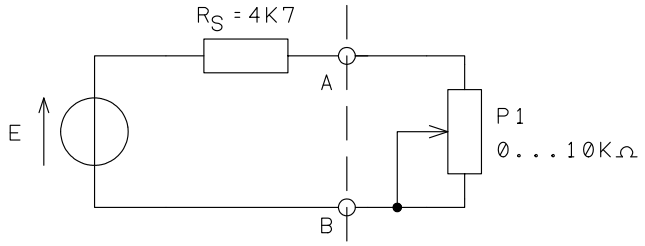


FIG.14 - CIRCUIT WITH A VARIABLE LOAD

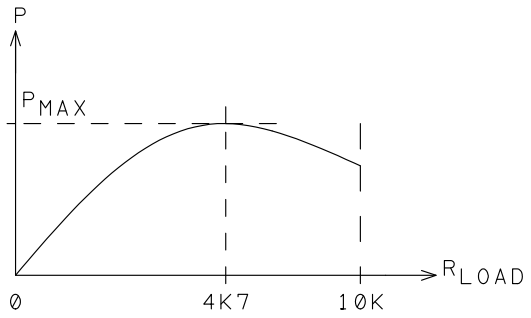


FIG.15 - PLOT OF POWER TRANSFERRED TO THE LOAD VERSUS LOAD RESISTANCE

4 – BATTERIES

Les batteries sont des moyens communs de stockage d'énergie. La base du fonctionnement des batteries est un processus électrochimique. Quand ces processus sont réversibles la batterie est du type RECHARGEABLE. Exemple: les batteries auto.
Dans d'autres cas la batterie n'est pas rechargeable. Exemple: les batteries Carbone/Zinc des appareils électroniques portables.

L'énergie mémorisée dans une batterie est le produit de la tension nominale par la charge stockée.
Le charge est normalement exprimée en Coulombs, mais quand on traite de batteries elle est exprimée comme le produit du courant de décharge nominal par le temps qu'il dure, c'est à dire en Ampère x Heures (Ah ou mAh).

Une batterie peut être considérée comme un générateur de tension avec une résistance interne. Soit la tension que la résistance sont dépendantes surtout de l'état de charge de la batterie: la tension d'une batterie typique reste pratiquement constante au cours du 90% environ de sa décharge et ensuite elle s'effondre rapidement. La résistance interne a un comportement dans le temps opposé. Elle augmente doucement et linéairement jusqu'au point de décharge où elle augmente soudain.
La résistance interne d'une batterie est considéré un des plus fidèles indicateurs de l'état de la batterie.

En plus de l'état de décharge, la tension et la résistance d'une batterie dépendent de la température et des antécédents de la batterie. Une batterie fournissant un courant constant et modéré dure plus, en termes d'Ah, d'une batterie alimentant la même charge en rafales intenses de courant.

4.1 – Résistance interne d'une batterie

L'unité didactique comprend 2 batteries du type communément utilisé en appareils électroniques portables.
Nous allons mesurer la résistance interne d'une d'elles.

Le principe de mesure consiste à charger la batterie avec une résistance qui absorbe un courant cohérent avec la taille de la batterie. Dans notre cas une résistance de 10Ω est appropriée puisque la tension nominale de la batterie est de1.5V et le courant sera pourtant 150mA environ.
(Evidemment les choses sont différentes si l'on mesure la résistance d'une batterie de camion de grande taille).

La configuration pour cette procédure est montrée dans les Fig.1 et 2:

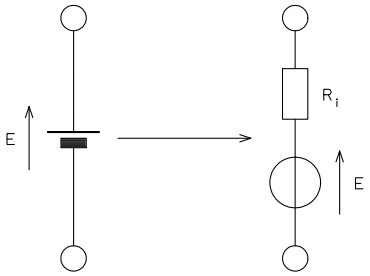


FIG.1 - EQUIVALENT CIRCUIT OF A BATTERY

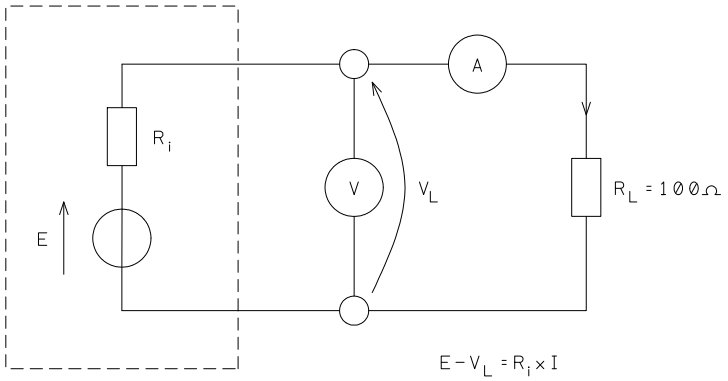


FIG.2 - MEASUREMENT OF INTERNAL RESISTANCE OF A BATTERY

– Mesurer la tension de la batterie à vide (E).

– Connecter la charge. Mesurer le courant (I) et la nouvelle tension aux bornes de la batterie (V_L).

– La chute de tension $E-V_L$ est égale au produit du courant par la résistance interne:

  $E-V_L = R_i \cdot I$.

  Cette équation peut être utilisée pour calculer R_i.

4.2 – Batteries en série

Placer les batteries en série augmente la tension disponible. Chaque batterie a un circuit équivalent composé d'un générateur de tension avec une résistance interne en série. Voir la Fig.3.

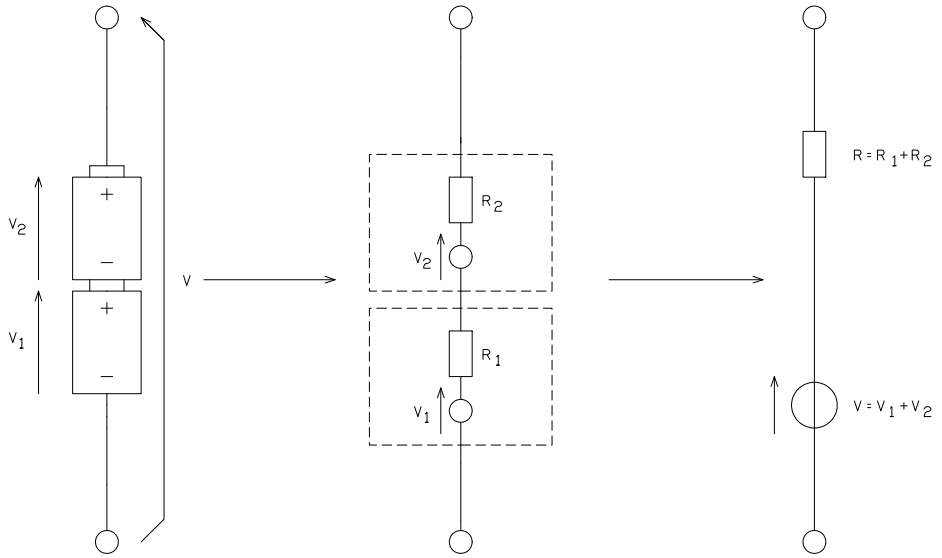


FIG.3 - BATTERIES IN SERIES

05CFD3

La disposition résultante équivaut à un générateur dont la tension en boucle ouverte est égale à la somme algébrique des générateurs individuels et la résistance interne est égale à la somme des résistances des générateurs.

Ces affirmations peuvent être expérimentées avec un voltmètre pour la tension résultante et avec la même procédure de l'expérience précédente pour la résistance.

4.3 – Batteries en parallèle

Voir la configuration montré dans la Fig.4.

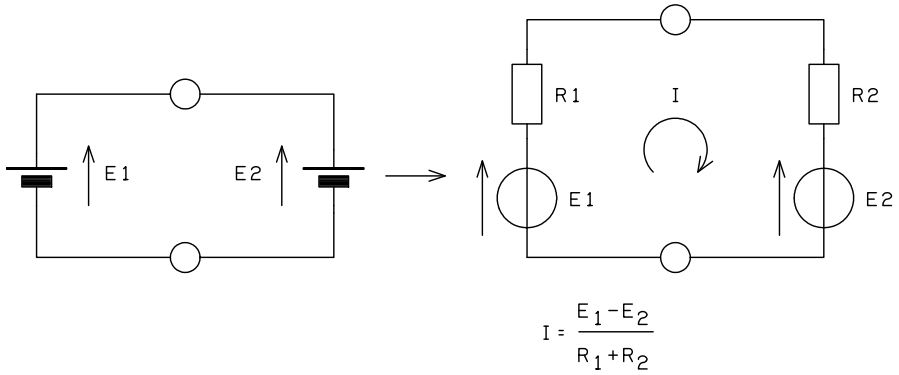


FIG.4 - BATTERIES IN PARALLEL

En règle générale les batteries **NE DOIVENT JAMAIS** être placées en parallèle.

Deux batteries, même si de la même marque, même type, même histoire, etc., ne sont jamais identiques. Elles ont des tensions légèrement différentes. Quand elles sont connectées en parallèle, un courant va circuler limité seulement par la résistance interne, qui est en général assez faible:

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R1 + R2}$$

Le courant peut facilement atteindre valeurs assez élevés pour détruire rapidement les deux batteries.

La situation change quand les deux batteries en parallèle sont chargées par une charge qui absorbe un courant suffisamment élevé (voir la Fig.5).

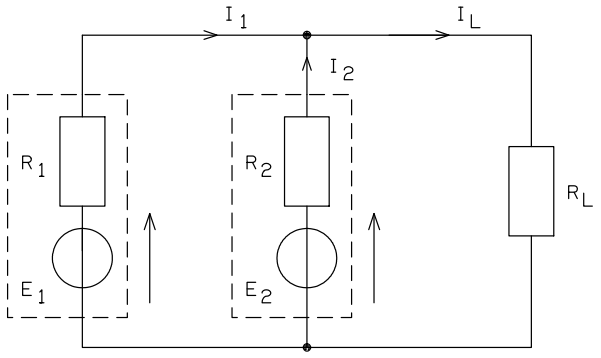


FIG.5 - BATTERIES IS PARALLEL ON A LOAD

Dans ce cas les deux batteries contribuent au courant dans la charge. Cette condition peut être mathématiquement calculée en utilisant les lois ordinaires des circuits pour obtenir les courants fournis par les deux batteries.

5 – CIRCUITS EN COURANT ALTERNATIF: RESISTANCE, REACTANCE AND PUISSANCE

Dans cette expérience nous étudions le comportement des composants résistifs, inductifs et capacitifs quand ils sont utilisés dans les circuits en courant alternatif. Les Figures 1, 2, 3 montrent trois circuits élémentaires, chacun comprenant un générateur et une charge résistive ou inductive ou capacitive. Les trois circuits à l'essai peuvent être mis en place en utilisant les composants de l'unité didactique.

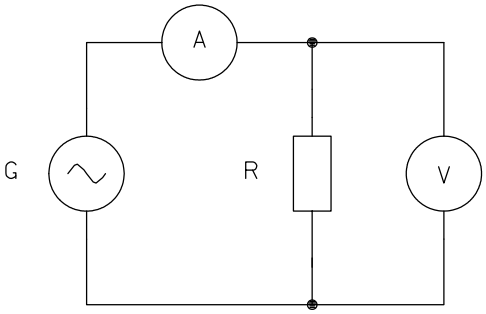


FIG.1

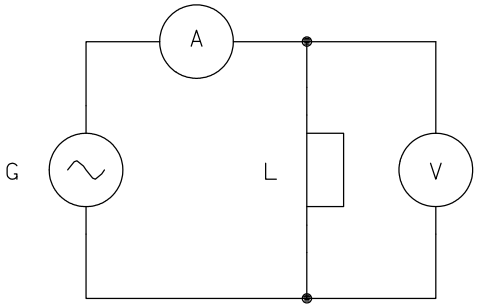


FIG.2

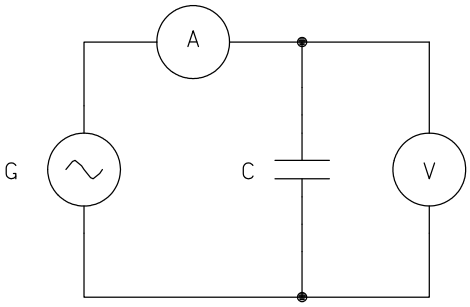


FIG.3

La source de signal utilisée est un générateur sinusoïdal de basse fréquence, réglable dans la gamme d'au moins 10Hz - 100kHz et 0 à 10Vpp.

Pour chacune des configurations de test de la Fig.1, 2, 3 le générateur sera successivement réglé pour les fréquences suivantes:

50, 100, 200, 400, 800, 1600, 3200, 6400 Hz, 12.8KHz, 25.6KHz, 51.2KHz

L'amplitude sera maintenue à 10 Vcc, réajustée à chaque étape si nécessaire.

A chaque étape enregistrer le courant.

Enfin tracer les résultats dans des graphiques qui devraient rassembler à ceux des Fig.4, 5, 6. Utiliser pour l'axe horizontal (fréquence) une échelle logarithmique.

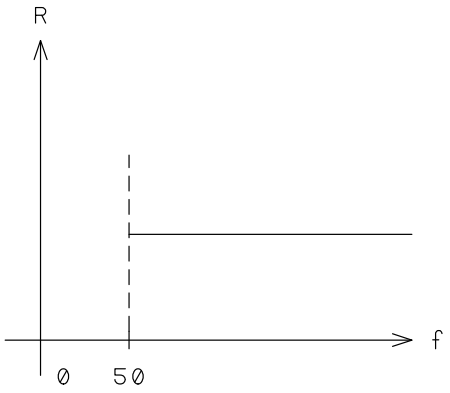


FIG.4

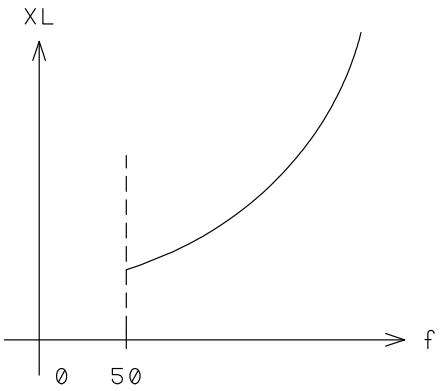


FIG.5

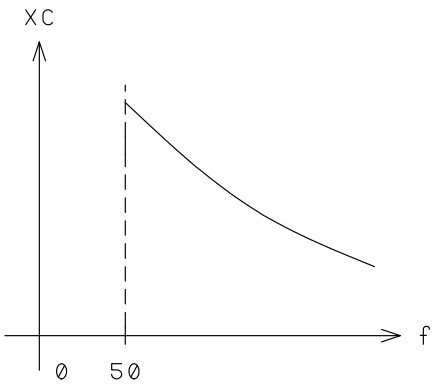


FIG.6

Calculer la capacité C et l'inductance L à 100Hz avec la formule suivante:

$X_L = J\omega L; \quad X_C = \frac{1}{J\omega C}; \quad$ where $\omega = 2\pi f$ and $J = 1$

Répéter l'opération pour, par exemple, 10KHz. Observer que tandis que les valeurs pour C calculées à 100Hz et 10KHz sont substantiellement similaires, les valeurs pour L montrent une plus grande différence. Cela est dû à la caractéristique dépendante de la fréquence des matériaux magnétiques.

5.1 – Réseaux R, L, C en courant alternatif

Les Figures 7, 9, 11, 13 montrent 4 exemples de réseaux élémentaires en courant alternatif que nous étudierons dans cette expérience. Ce sera fait en utilisant les composants fournis avec l'unité didactique. Pour l'inductance L on devrait utiliser la valeur obtenue de l'exercice du paragraphe précédent. Les valeurs de L pour différentes unités didactiques peuvent différer significativement à cause des grandes tolérances dans le processus de construction de ce composant.

Procéder comme suit:

Etape 1

– Pour le circuit de la Fig.7 régler le générateur pour (par exemple) 1kHz et 10 Vcc.

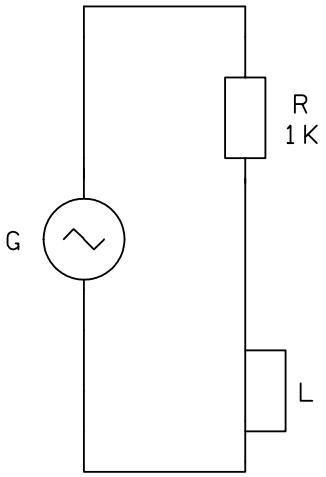


FIG.7

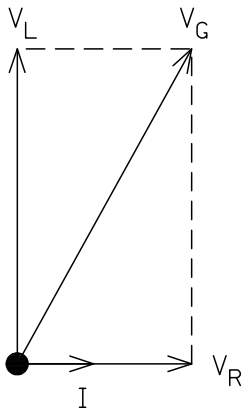


FIG.8

Mesurer V_R, V_L, V_G, puis dessiner un diagramme vectoriel comme celui de la Fig.8 et vérifier par le calcul que:

$$V_R^2 + V_L^2 = V_G^2$$

Mesurer par un Ampèremètre c.a. le courant dans la boucle, puis vérifier que $V_R = R.I$

– Avec les résultats de l'exercice précédent, lire sur le graphique de la réactance inductive en fonction de la fréquence (Fig.5) la valeur de X_L à 1kHz, puis vérifier que:

$V_L = I.X_L$

Etape 2

– Répéter la procédure ci-dessus pour le circuit de la Fig.9, avec les différences évidentes.
Le diagramme vectoriel devrait apparaître comme celui qui illustré à la Fig.10.

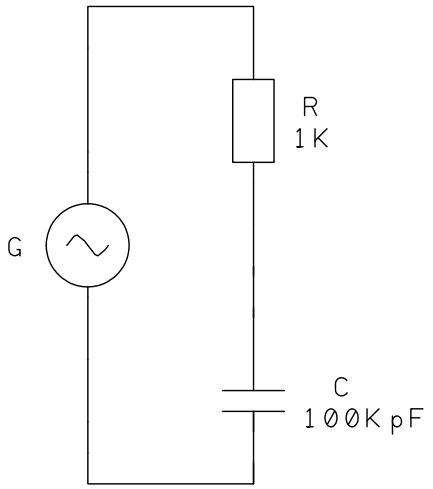


FIG. 9

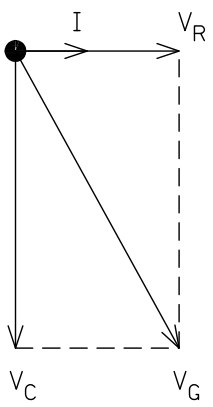


FIG. 10

Etape 3

– Pour le circuit de la Fig.11 mesurer V_R, V_L, V_C, puis construire le diagramme vectoriel (Fig.12) et vérifier que:

$(V_L-V_C)^2 + V_R^2 = V_G^2$

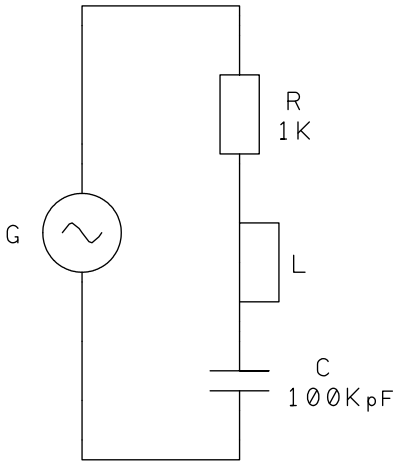


FIG. 11

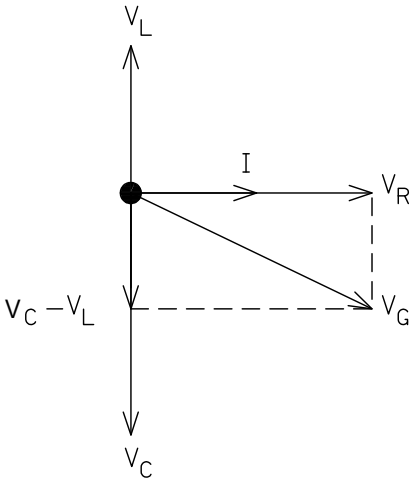


FIG. 12

Mesurer par un Ampèremètre c.a. le courant de boucle et vérifier que:

$V_L = X_L.I$; $V_C = X_C.I$; $V_R = R.I$

Noter que X_L et X_C peuvent être obtenues des graphiques vous avez tracé dans l'exercice précédent (Fig.5 et 6).

Etape 4

– Pour le circuit de la Fig.13 mesurer le courant et la tension du générateur, puis le courant dans chacune des trois branches.

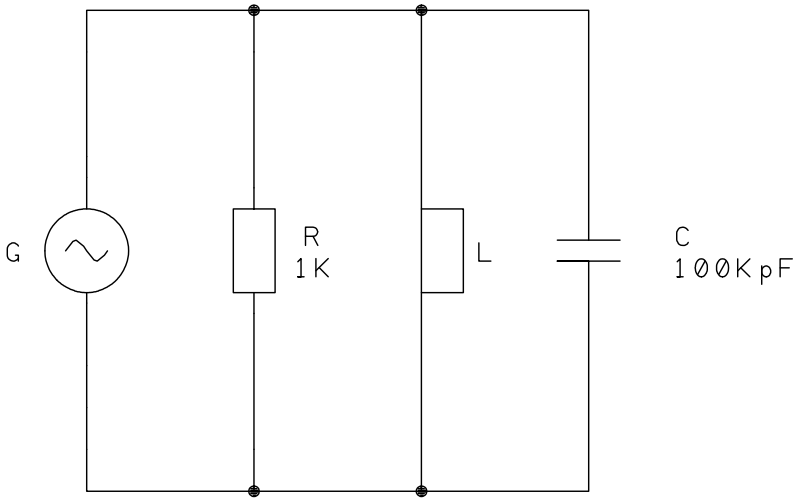


FIG. 13

– Construire le diagramme vectoriel qui devrait rassembler à celui de la Fig.14.

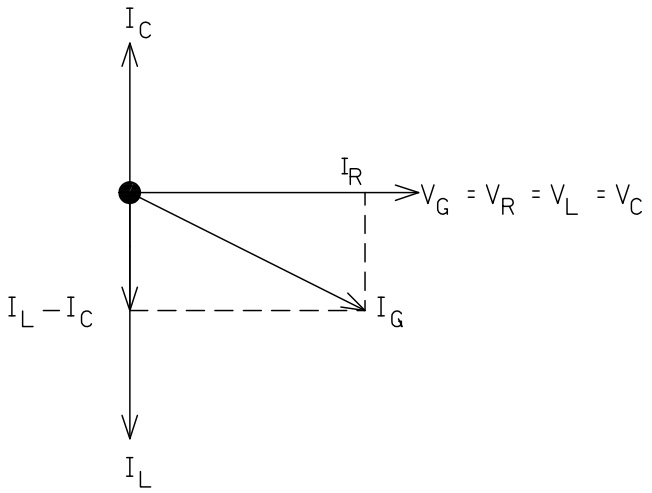


FIG. 14

Vérifier que toutes les valeurs sont cohérentes également avec les valeurs de X_L, X_C mesurées dans l'exercice précédent (figures 5 et 6).

5.2 – Puissance en courant alternatif

Note: l'exécution de l'expérience de ce paragraphe nécessite l'utilisation de l'inducteur L de l'unité didactique, dont la valeur d'inductance n'est pas déclarée à cause des grandes tolérances résultant du processus de construction de ce composant.

L'effective valeur de L pour l'unité didactique utilisé devrait être mesurée avec la procédure indiquée dans le premier exercice du chapitre 7.

Cas 1

La Fig. 15 représente un circuit élémentaire constitué d'une résistance connectée comme charge à un générateur c.a. Ce circuit peut être préparé en utilisant une sortie c.a. de l'alimentation de l'unité didactique. La tension nominale livrée est dans la gamme de 15 à 18Vca selon la version de l'appareil. Vérifier cette valeur avec un voltmètre c.a.
Utiliser comme résistance de charge, par exemple, R1 = 1kΩ.

Le générateur délivre une sinusoïde à la fréquence du réseau (50 ou 60Hz). Le voltmètre indique la tension efficace ou VALEUR MOYENNE QUADRATIQUE (RMS). Cette valeur est égale à la valeur de crête de la sinusoïde divisée par √2.

Il est habituel avec les circuits en courant alternatif d'exprimer les tensions et les courants dans leur valeurs efficaces. La charge R1 étant purement résistive, le courant dans la charge et la tension sont en phase, comme montré dans la Fig. 16. Toute la puissance délivrée par le générateur va dans la charge. Cette puissance est ACTIVE et est donnée par

P = V.I

Exercice: mesurer I et V et calculer la puissance active P.

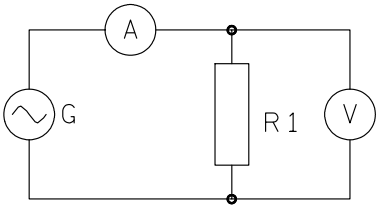


FIG.15 - CIRCUIT UNDER STUDY

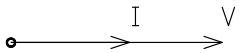


FIG.16 - VECTOR DIAGRAM

Cas 2

La Fig. 17 représente un autre circuit élémentaire. Utiliser comme G la source c.a. de l'alimentation (15 ou 18Vca comme c'est le cas).
Utiliser comme L l'inductance intégrée dans l'unité didactique

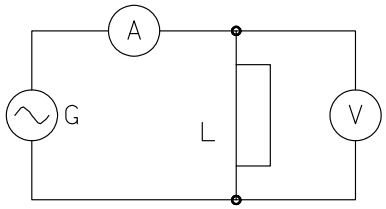


FIG.17 - CIRCUIT UNDER STUDY

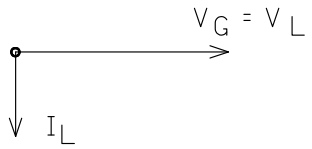


FIG.18 - VECTOR DIAGRAM

Observer que le circuit de la Fig. 17 ne contient pas des éléments résistifs et est donc idéalement sans perte. Le générateur ne délivre pas de puissance nette. Pendant un demi-cycle le générateur charge l'inductance, mais dans le suivant demi-cycle cette puissance est renvoyée de l'inductance au générateur.
La Figure 18 représente le diagramme vectoriel.
Le produit Q=V.I s'appelle Puissance Réactive et représente la puissance qui s'écoule en avant ou en arrière en chaque demi-cycle.

Exercice: mesurer V et I et calculer la puissance réactive.

Cas 3

La Figure 19 représente un autre circuit élémentaire et la Fig. 20 montre le relatif diagramme vectoriel. Ce cas est similaire au cas 2 sauf pour le fait que l'angle de phase entre courant est de 90° à l'avance, par opposition au cas 2 où le déphasage était de 90° en retard.
Mettre en place ce circuit en utilisant pour C le condensateur de 100KpF intégré dans l'unité didactique.

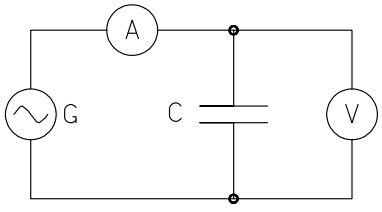


FIG.19 - CIRCUIT UNDER STUDY

FIG.20 - VECTOR DIAGRAM

Exercice: mesure V, I et calculer la puissance réactive.

Cas 4

La Figure 21 représente le circuit à l'étude et la Fig. 22 le relatif diagramme vectoriel.

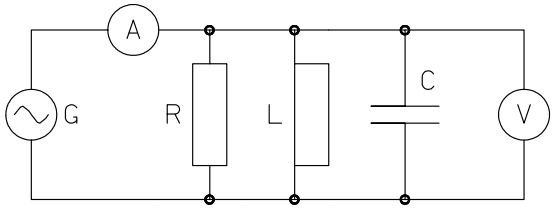


FIG.21 - CIRCUIT UNDER STUDY

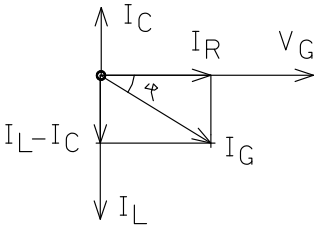


FIG.22 - VECTOR DIAGRAM

Mettre en place le circuit en utilisant:
R = 1KΩ
C = 100KpF
L = à mesurer

Dans ce circuit les courants réactifs se soustraient et le résultat est I_L-I_C montré avec 90° de retard sur V_G.
Le courant actif I_R et le courant réactif (I_L-I_C) donnent pour résultat le courant total I_G.

La puissance active fournie par la charge est:

$$P = I_R . V_G$$

La puissance réactive qui intéresse le générateur est:

$$Q = (I_L - I_C) . V_G$$

(Il y a une ultérieure puissance réactive allant en avant et en arrière entre C à L sans intéresser le générateur, égale à $CI.V_G$).

Le Puissance Apparente concernant le générateur est:

$$P_A = I_G . V_G = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Une fois défini l'angle de phase φ comme dans la Fig. F, P et Q peuvent être écrites comme:

$$P = P_A \cos\varphi$$
$$Q = P_A \sin\varphi = P \operatorname{tang}\varphi$$

Dans le circuit à l'étude mesurer les courants et tensions, puis calculer P, Q, P_A.

5.3 – Réseaux CR et RC avec signaux sinusoïdaux

Les Figures 23 et 24 montrent les circuits à l'étude.

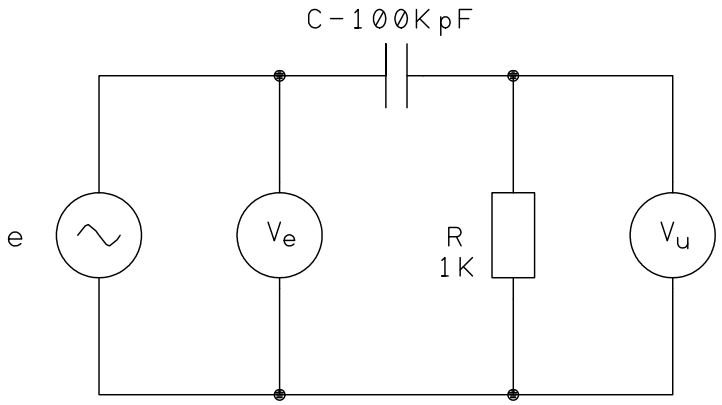


FIG. 23

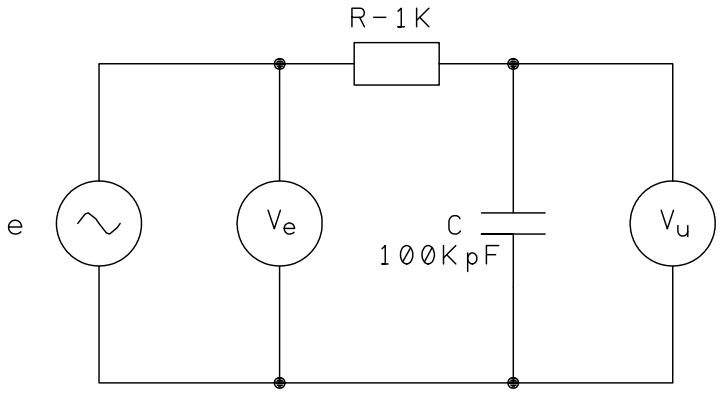


FIG. 24

Les deux circuits à étudier sont respectivement des cellules passe-haut et passe-bas.
L'exercice consiste maintenant à enregistrer la caractéristique d'amplitude des deux cellules dans la gamme de fréquence de 10Hz à 100kHz.
Tracer les résultats sur un graphique ayant pour l'axe des fréquences une échelle logarithmique et marquer les fréquences de coupure.

Afin de procéder, considérer les notes suivantes:

– Effectuer les mesures à fréquences opportunément situées entre la gamme 10Hz + 100kHz, par exemple:

  100, 200, 300, 400, 600, 800Hz, 1KHz, 2K, 3K, 4K, 6K, 8K, 10K, 20K, 30K, 40K, 60K, 80K, 100KHz

– Maintenir constante l'amplitude de la tension d'entrée, par exemple 10Vpp, afin de simplifier les calculs. Réajuster le générateur à chaque étape si nécessaire pour maintenir une amplitude constante.

– Une fois rassemblées les données, calculer l'atténuation à chaque point de mesure par la formule:

$$A = 20 \log_{10} \left(\frac{V_u}{V_i} \right)$$

  Puis tracer les données sur un papier semi-logarithmique (axe horizontal logarithmique) en graphiques qui devraient rassembler à ceux des Fig. 25 et 26.

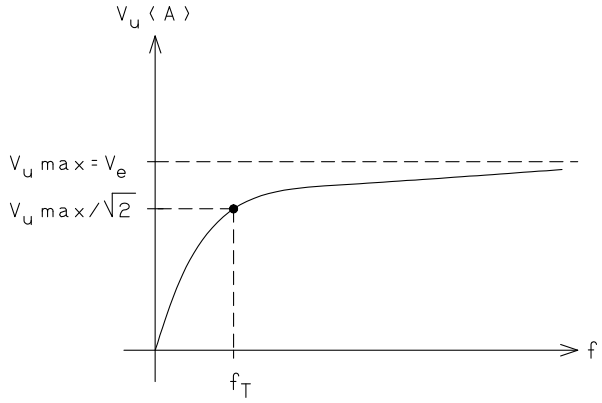


FIG. 25

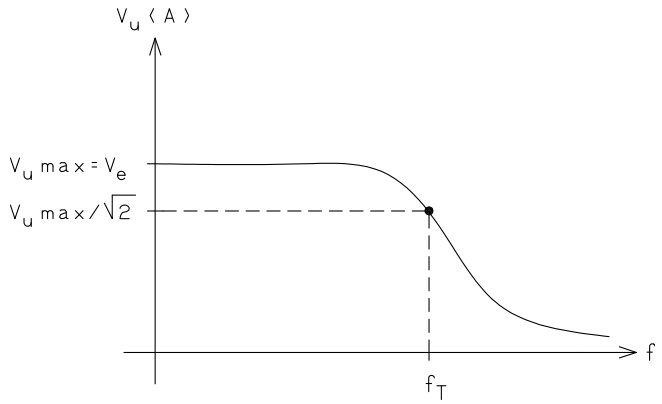


FIG. 26

11052526

– La fréquence de coupure est celle à laquelle l'amplitude se réduit par un facteur de $\frac{1}{\sqrt{2}}$.

  Marquer ces points sur les graphiques.

5.4 – Circuit CR et RC avec signaux d'impulsion

Les Figures 27 et 28 montrent les circuits à l'étude.

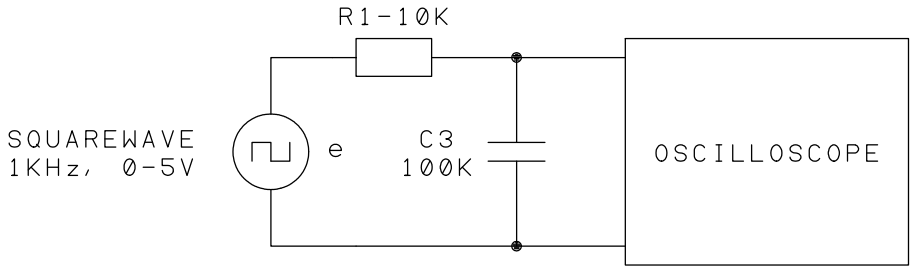


FIG.27

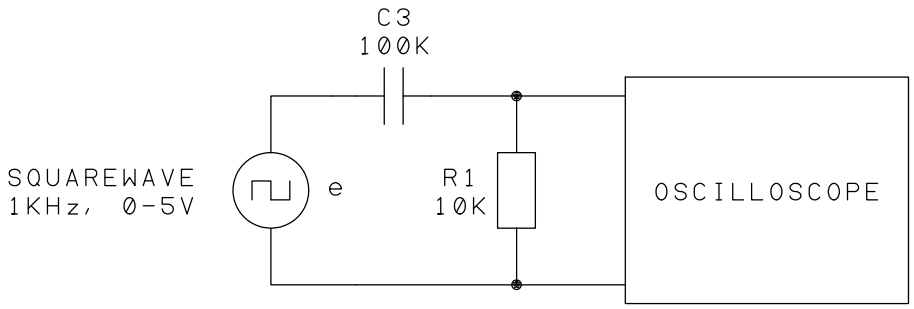


FIG.28

11052728

Un générateur de signal carré applique des impulsions à l'entrée du circuit à l'étude et la forme d'onde résultante est analysée au moyen de l'oscilloscope.
En effectuant l'expérience notez les points suivants:

– La fréquence de répétition des impulsions indiquée comme 1KHz devrait être réglée pour afficher une forme d'onde complète qui devrait apparaître comme dans les Fig.29 et 30.

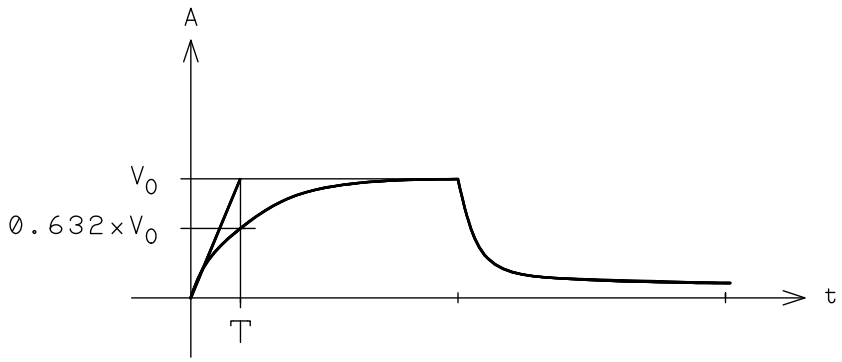


FIG.29

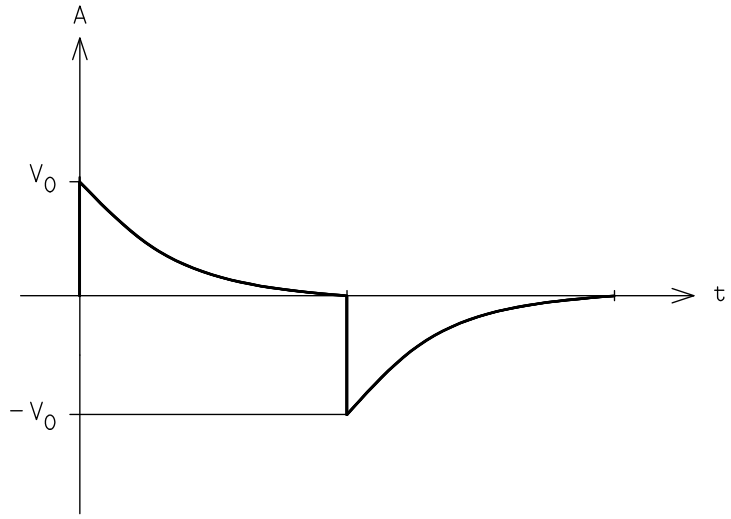


FIG.30

- Choisir une amplitude d'au moins 5V pour l'onde carrée d'entrée.

- Esquisser les formes d'onde observées sur un papier, à l'échelle. Calculer la constante de temps T=RC, puis vérifier que T est égal au temps mis par le signal de l'origine pour atteindre 63.2% de l'amplitude finale.

- Marquer sur votre forme d'onde les temps de Montée et de Descente, définis comme les temps nécessaire pour que le signal passe du 10% au 90% de l'amplitude finale.

6 – RESONANCE

6.1 – Mesure d'inductance

Cette première expérience n'est pas strictement partie de l'étude de la résonance, mais les résultats des mesures effectuées dans cette expérience seront nécessaires pour les suivantes.

L'inducteur de l'unité didactique se compose d'une bobine enroulée sur un noyau de fer feuilleté.

Un entrefer est prévu dans le circuit magnétique par l'interposition d'une mince couche de matériau isolant entre 2 tronçons consécutifs. Cela empêche l'inducteur de la saturation jusqu'à au moins 10Vpp de signal alternatif appliqué.

L'inducteur ayant un noyau ferromagnétique a une inductance (L) remarquablement dépendante de la fréquence du courant magnétisant. Le but de cette expérience est de mesurer l'inductance dans la gamme 50Hz-3kHz, qui est la gamme d'un intérêt particulier quand on utilise ces composant au cours des expériences ultérieures.

Utiliser la configuration de la Fig.1.

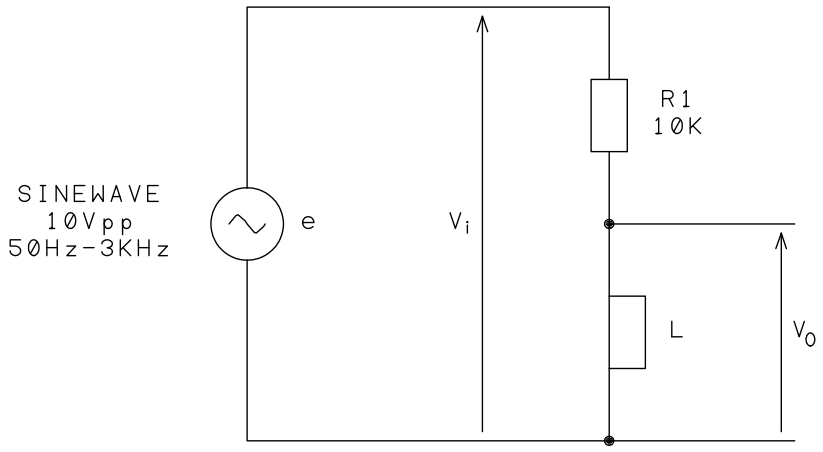


FIG.1 – MEASUREMENT OF INDUCTANCE

Appliquer une sinusoïde, d'amplitude constante, à des fréquences de 50, 100, 200, 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000Hz.
A chaque point de mesure, enregistrer V_0, et ensuite calculer X_L comme suit:

$$\frac{V_i}{R + X_L} \cdot X_L = V_0 ; \qquad X_L = \frac{V_0 \cdot R}{V_i - V_0}$$

Sur cette base, calculer l’inductance avec la formule:

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{X_L}{2\pi f}$$

Reporter les valeurs de L dans un graphique ayant la fréquence sur l’axe horizontal.

6.2 – Circuit résonant LC parallèle

La Figure 2 montre le schéma du circuit à étudier. Ce circuit peut être mis en place avec des composants de l'unité didactique.

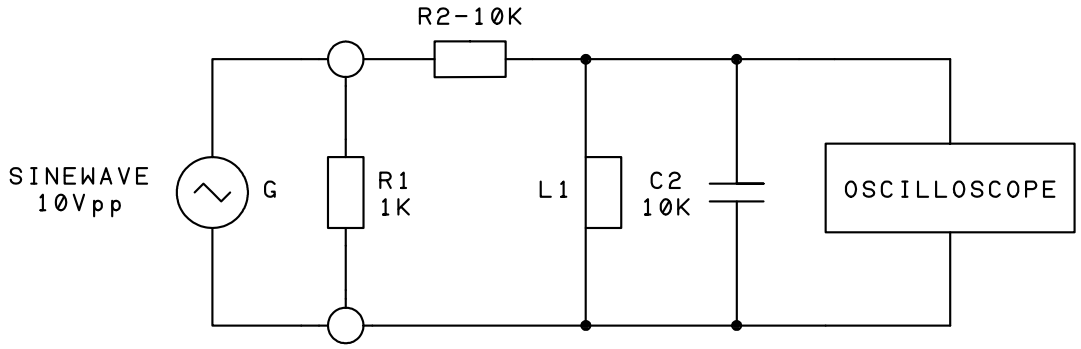


FIG.2 - CIRCUIT UNDER TEST

Le but est d'enregistrer la courbe de résonance, de mesurer la fréquence de résonance, la bande passante et le facteur de qualité.

De la théorie nous savons que dans le circuit de la Fig.2 la résonance se produit quand les réactances inductive et capacitive ont des amplitudes égales. Dans cette condition, puisque les deux réactances ont signes opposés, elles s'annulent et la charge au générateur semble être purement résistive et égale à R1:

$$X_L = {}_J\omega_0 L_1 = X_C = \frac{1}{{}_J\omega_0 C_2} \quad \text{où} \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_2}} \quad \text{ou} \quad f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_2}}$$

Dans notre circuit à l'essai les valeurs des composants sont:

L1 = voir le paragraphe 1 de ce chapitre
C1 = 10kpF
R2 = 10kΩ
R1 = 1kΩ

– Calculer la fréquence de résonance prévue.

– Choisir une gamme de mesure de 1 décade au-dessous à 1 décade au-dessus de la fréquence de résonance f_0 prévue, puis sélectionner 10 valeurs de fréquence pratiques au sein de cet intervalle pour faire les mesures.

– Chaque mesure consiste à régler le générateur pour les fréquences choisies et pour une amplitude constante de 10Vpp, à travers toute l'expérience. La tension de sortie V_0 est enregistré à chaque étape de mesure.

– Tracer les résultats dans un graphique qui devrait rassembler à celui de la Fig.3.

Sur ce graphique marquer la fréquence correspondante à l'amplitude maximale et comparer cette valeur à la valeur prévue f_0.

– Sur le même graphique dessiner une ligne horizontale à une hauteur de $\frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$

L'intervalle de fréquence f_2-f_1 est le BANDE PASSANTE:

$B = f_2 - f_1$

– Le rapport entre la fréquence de résonance et la bande passante est le FACTEUR DE QUALITE:

$Q = f_0/B$

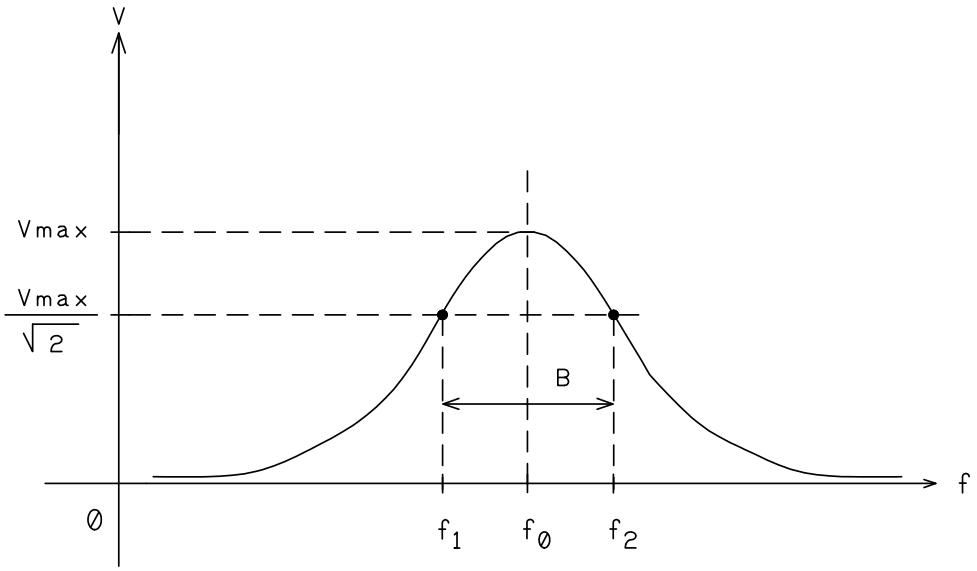


FIG.3 - EXPECTED RESULTS FOR THE EXPERIMENT

6.3 – Circuit résonant LC série

La Figure 4 montre le schéma du circuit à étudier.
Le but est d'enregistrer la courbe de résonance, de mesurer la fréquence de résonance, la bande passante et le facteur de qualité.

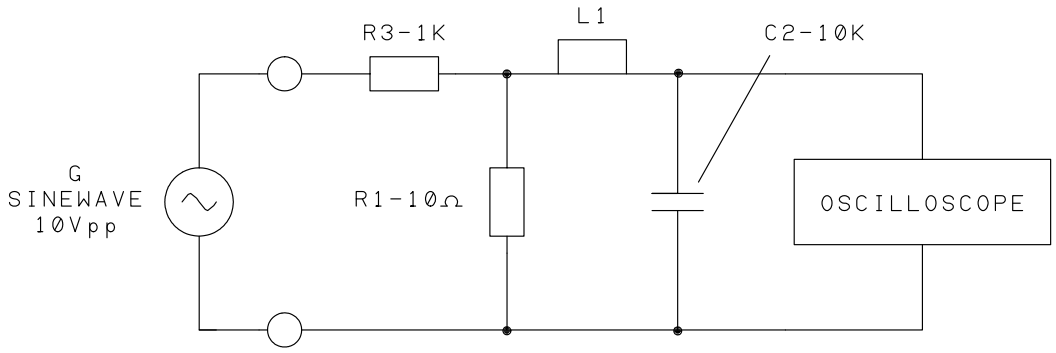


FIG.4 - CIRCUIT UNDER STUDY

De la théorie nous savons que dans le circuit montré dans la Fig.4, la résonance se produit quand les réactances inductive et capacitive ont des amplitudes égales. Dans cette condition, puisque les deux réactances ont signes opposés, elles s'annulent et la charge au générateur semble être purement résistive et égale à R2.

$$X_L = j\omega_0 L_1 = X_C = \frac{1}{j\omega_0 C_2} \quad \text{where } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_2}} \quad \text{or } f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_2}}$$

Dans notre circuit à l'essai les valeurs des composants sont:

L1 = voir le paragraphe 1 de ce chapitre
C2 = 10kpF
R1 = 10Ω
R3 = 1kΩ

Noter que, à la résonance, le courant de résonance circule en L1, C2, R1. La valeur de ce courant est limitée par la résistance de la boucle, c'est à dire R1 + la résistance série "parasite" en L1 et C2.
Moins grande est R1, plus haut est le pic de résonance.
R1 ne peut toutefois être trop basse afin de ne pas trop charger le générateur qui alimente le circuit résonant.

Pour la même raison, le signal de sortie afin de détecter la résonance n'est pas pris aux bornes de R1 (le signal est trop faible ici), mais aux bornes de C2. La courbe habituelle en forme de cloche sera comme montrée dans la Fig.5.

Maintenant passer à l'expérience:

- Calculer la fréquence de résonance prévue.

- Choisir une gamme de mesure de 1 décade au-dessous à 1 décade au-dessus de la fréquence de résonance f_0 prévue, puis sélectionner 10 valeurs de fréquence pratiques au sein de cet intervalle pour faire les mesures.

- Chaque mesure consiste à régler le générateur pour les fréquences choisies et pour une amplitude constante de 10Vpp, à travers toute l'expérience. La tension de sortie V_0 est enregistrée à chaque étape de mesure.

- Tracer les résultats dans un graphique qui devrait rassembler à celui de la Fig.5.

  Sur ce graphique marquer la fréquence correspondante à l'amplitude maximale et comparer cette valeur à la valeur prévue f_0.

- Sur le même graphique dessiner une ligne horizontale à une hauteur de $\frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$ L'intervalle de fréquence f_2-f_1 est la BANDE PASSANTE:

  $B = f_2 - f_1$

- Le rapport entre la fréquence de résonance et la bande passante est le FACTEUR DE QUALITE:

  $Q = f_0/B$

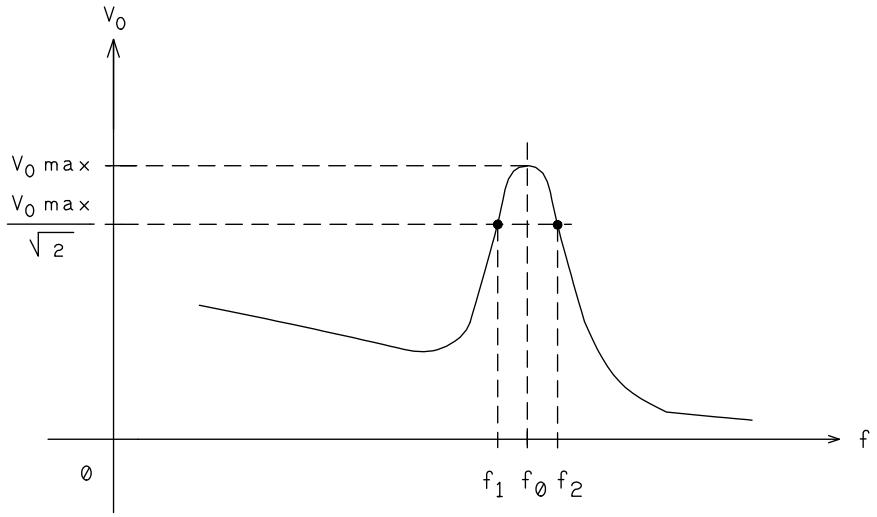


FIG.5 - EXPECTED RESULTS FOR THE EXPERIMENT

7 – LE TRANSFORMATEUR

7.1 – Généralités

L'unité didactique comprend un transformateur c.a. Cet élément fournit des sorties secondaires de basse tension pour:

- Un Convertisseur c.a./c.c. pour produire une tension continue réglable telle que requise pour les expériences

- Deux sorties à 14V nominal pour les expériences nécessitant une tension alternative

La Figure 1 montre le schéma du transformateur, dont les données techniques sont les suivantes:

- Bobine primaire 250V nominal
- 1er secondaire 17V, 0.5A max.
- 2ème secondaire 14V, 0.5A max.
- 3ème secondaire 14V, 0.5A max.
  (Les trois courant de sorties maximum ne sont pas permis simultanément
- Puissance nominale totale: 10VA
- Fréquence de fonctionnement 50-60Hz

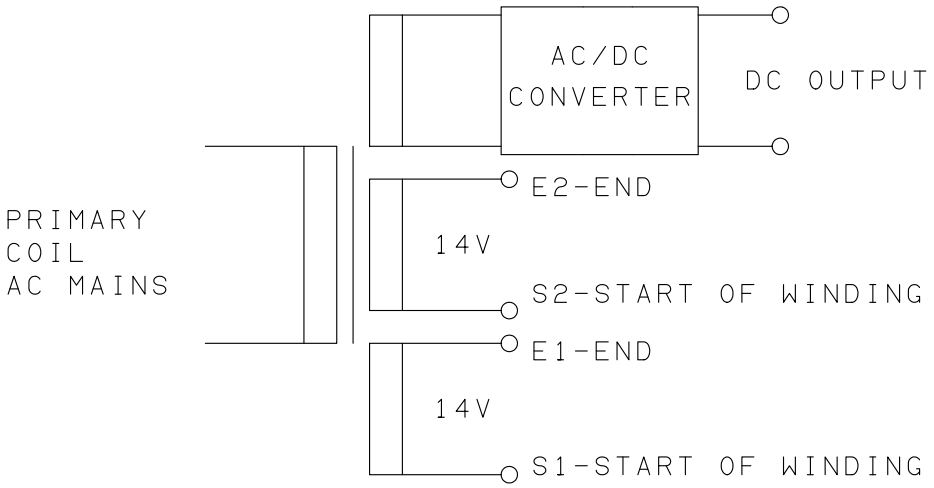


FIG.1 - SCHEME OF THE ON-BOARD TRANSFORMER

05C106

7.2 –Connexion Série/Parallèle des secondaires du transformateur

Le transformateur de l'unité didactique a deux secondaires, 14V nominal, disponibles pour les expériences. Les deux enroulements ont des bornes marquées S1, E1 et S2, E2 (S=début, E=fin)

Les deux enroulements peuvent être placés en série pour produire une sortie de 28V. Pour faire cela connecter E1 avec S2 et placer un voltmètre entre S1 et E2 pour lire 28V environ
Noter que si les deux enroulements sont connectés avec séquences des bornes opposées, le résultat est le même. Connecter S1 à E2 et mesurer 28V entre E1 et S2.

Si les bobines devaient être placées en série avec opposition de phase, la tension résultant ne serait pas la somme mais leur différence. Vérifier ceci en connectant S1 et S2 puis en mesurant entre E1 et E2.
Le même se produit si E1 et E2 sont connectées ensemble et le voltmètre est placé entre S1 et S2.

En ce qui concerne la connexion en parallèle des enroulements d'un transformateur nous allons vous rappeler que ceci équivaut à mettre en parallèle deux générateurs de tension. Si les tensions des deux ne sont pas absolument égales, il y aura un courant qui s'écoule d'un générateur à l'autre. Ce courant peut être très grand et dangereux puisque il est limité seulement par la résistance interne des générateurs.

En règle générale, pourtant, les secondaires du transformateur ne sont jamais placés en parallèle, sauf en cas très particuliers, avec transformateurs construits à cet effet.

7.3 – Résistance interne équivalente du transformateur

Le transformateur, comme on le voit du secondaire, apparaît comme un générateur de courant alternatif avec une impédance interne.
Cette impédance est essentiellement résistive. En d'autres termes, pour la plupart des utilisations pratiques, le terme réactif peut être négligé.

Le circuit équivalent du transformateur, comme on le voit pour le secondaire, semble être celui de la Fig.7.

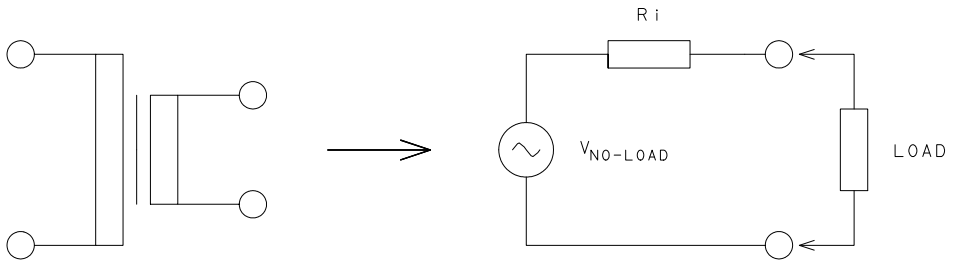


FIG.7 - EQUIVALENT CIRCUIT OF THE TRANSFORMER

La résistance interne équivalente est le résultat des pertes cumulées dans le cuivre (résistives), dans le noyau (pertes magnétiques et courants parasites) et dans l'air (flux perdu).

Afin de mesurer la résistance interne équivalente procéder comme suit:

- Mesurer la tension secondaire à vide du transformateur.
- Charger le secondaire du transformateur à un point qui reflète son courant nominal (3VA).
- Mesurer la chute de tension au secondaire et calculer la résistance interne équivalente du transformateur.

La Fig.8 montre un graphique de la caractéristique de sortie typique d'un transformateur.

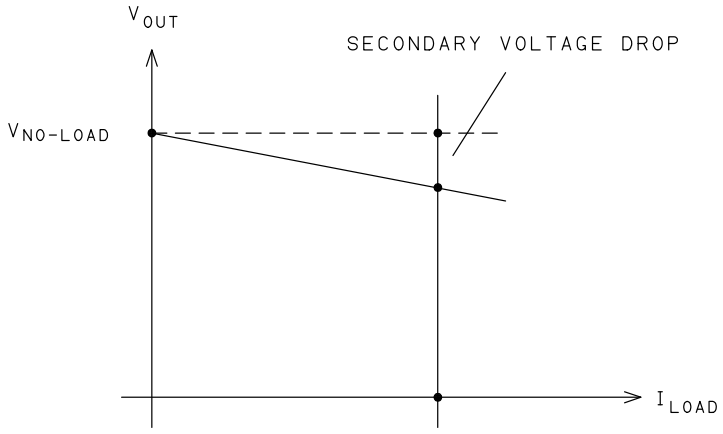


FIG.8 - OUTPUT CHARACTERISTIC OF THE TRANSFORMER

8 – CONVERSION COURANT ALTERNATIF/COURANT CONTINU

Toutes les expériences décrites dans ce chapitre utilisent les sources de courant alternatif disponibles dans l'alimentation fournie avec l'unité didactique. Leur tension nominale est de 14V.

8.1 – Le redresseur demi-onde

La Figure 1 montre le simple redresseur demi-onde à expérimenter.

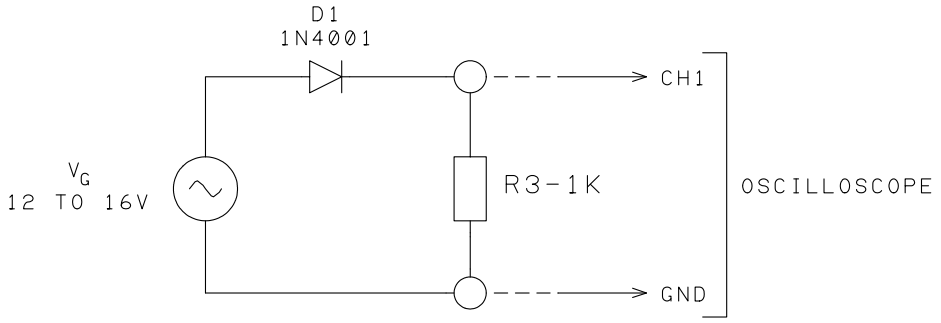


FIG.1 - THE HALF-WAVE RECTIFIYNG CIRCUIT

La tension de sortie produite par un tel circuit (Fig.2) est pulsatoire d'une manière qu'elle n'est pas acceptable en beaucoup d'applications électroniques.

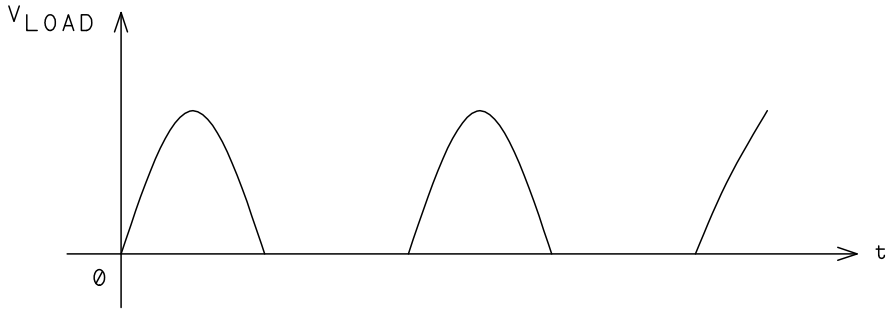


FIG.2 - WAVESHAPE RESULTING FROM THE HALF-WAVE RECTIFIER

La Figure 3 montre le même circuit muni d'un condensateur de lissage.

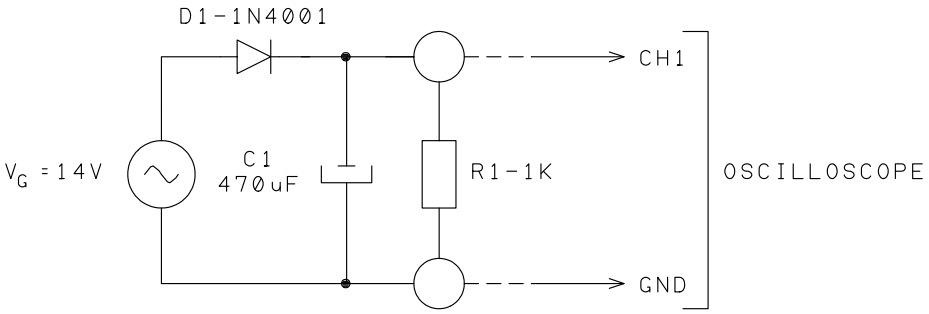


FIG.3 - HALF-WAVE RECTIFIER WITH SMOOTHING CAPACITOR

Note:
Les condensateurs électrolytiques doivent être câblés en respectant les polarités correctes.
Les condensateurs électrolytiques sont rapidement détruits et peuvent exploser si mal utilisés.
Pour cette raison, les gros condensateurs de l'unité didactique (C6 et C7) ont des diodes de protection en parallèle qui toutefois n'éliminent pas complètement le risque. Une inversion se traduirait par un court-circuit placé au point où le condensateur est connecté.

La Figure 4 montre la forme d'onde résultante, grandement améliorée par rapport à celle de la Fig.2, mais contenant encore une composante alternative appelée Tension d'Ondulation.

La fonction du condensateur est de se charger jusqu'à la valeur de crête de la tension pendant les demi-ondes positives et de se décharger sur la charge entre une demi-onde et la suivante.

Il est clair que la tension d'ondulation peut être réduite en augmentant la capacité de lissage. Le condensateur doit être chargé par le courant de la diode pendant des petites fractions du cycle et une capacité accrue signifie plus courant de charge en moins de temps. La diode doit être dimensionnée en conséquence.

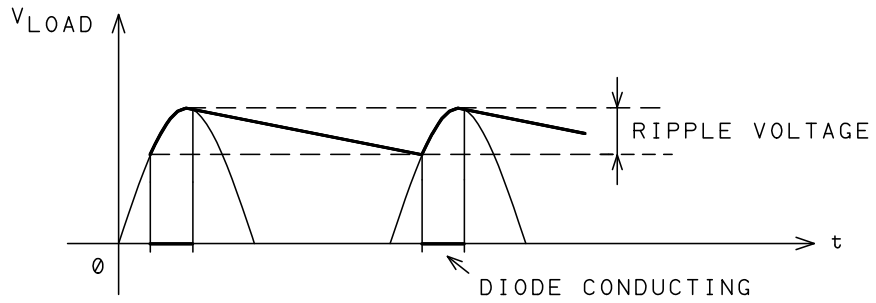


FIG.4 - WAVESHAPE RESULTING FROM THE CIRCUIT OF FIG.3

8.2 – Le redresseur pleine onde

8.2.1 – Le redresseur pleine onde à point médian

La Figure 5 montre le circuit à étudier.

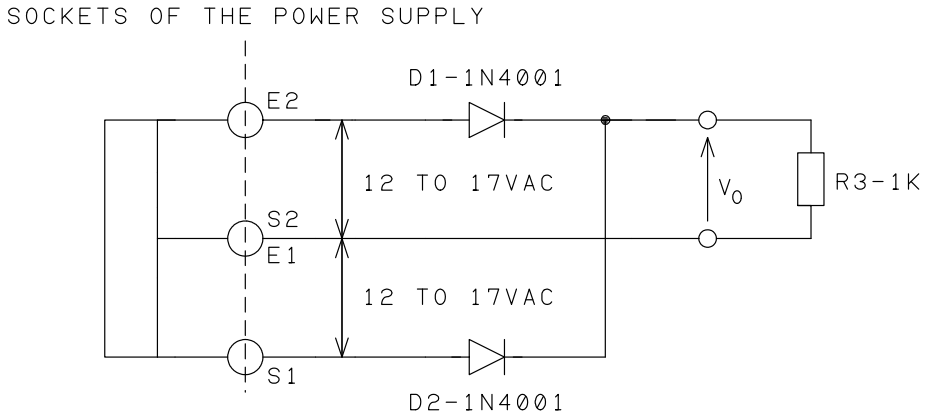


FIG.5 - THE MIDPOINT FULLWAVE RECTIFIER

05CFL5

Par rapport au circuit de la Fig.1 celui-ci semble être doublé de manière que chaque diode contribue alternativement avec une des demi-onde de la forme d'onde de sortie. Ceci est indiqué dans la Fig.6.

Un inconvénient de ce circuit dans son utilisation pratique est qu'il nécessite un transformateur spécial avec deux secondaires et une prise médiane.

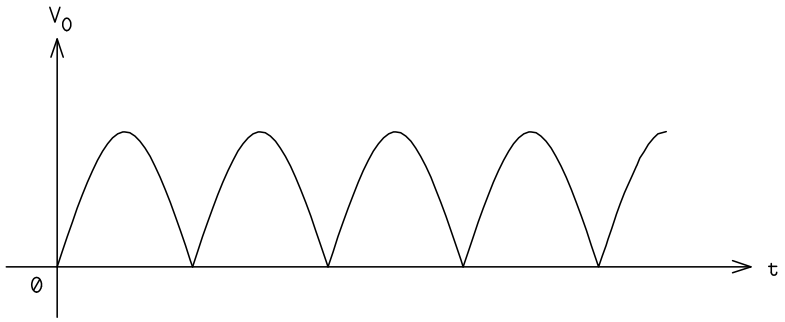


FIG.6 - OUTPUT WAVESHAPE FROM THE CIRCUIT OF FIG.5

8.2.2 – Le redresseur pleine onde à pont

La Figure 7 montre le circuit à l'étude. La forme d'onde de sortie est le même que celle indiquée par la Fig.6.

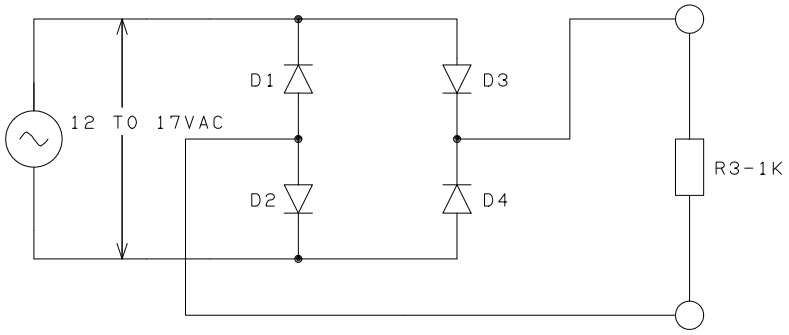


FIG.7 - FULLWAVE BRIDGE CIRCUIT

05CFL7

8.2.3 – Redresseur pleine onde avec condensateur de lissage

La Figure 8 montre un condensateur de lissage connecté à la sortie du redresseur. Ici on utilise le pont redresseur mais rien ne changerait dans l'expérience si le redresseur à point médian était utilisé à la place.

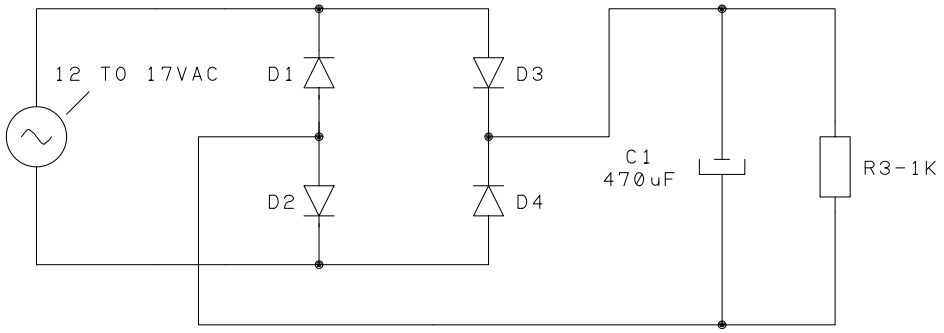


FIG.8 - FULLWAVE RECTIFIER WITH SMOOTHING CAPACITOR

05CFL8

La Figure 9 montre la forme d'onde de sortie.

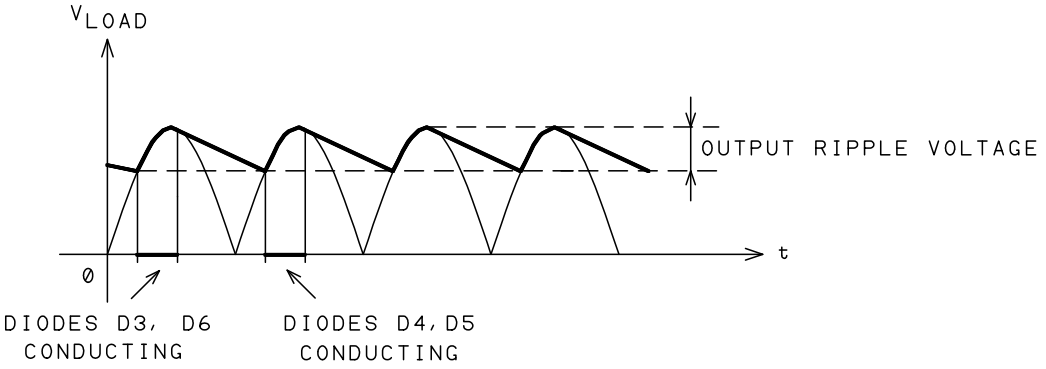


FIG.9 - OUTPUT WAVESHAPE

Les observations à effectuer sur la forme d'onde de sortie incluent la mesure de la valeur moyenne de la tension et celle de la tension d'ondulation.

Note: afin de mesurer la tension d'ondulation de sortie, mettre l'oscilloscope en mode d'entrée AC et utiliser une échelle verticale de 100mV/cm.

8.2.4 – Redresseur pleine onde avec cellule de filtrage LC

Le schéma à l'étude est montré dans la Fig.10.
La cellule de filtrage LC placée entre la sortie du redresseur et la charge substantiellement agit comme un filtre passe-bas, supprimant l'ondulation superposé à la tension continue. Cette dernière apparaît en effet remarquablement plate.

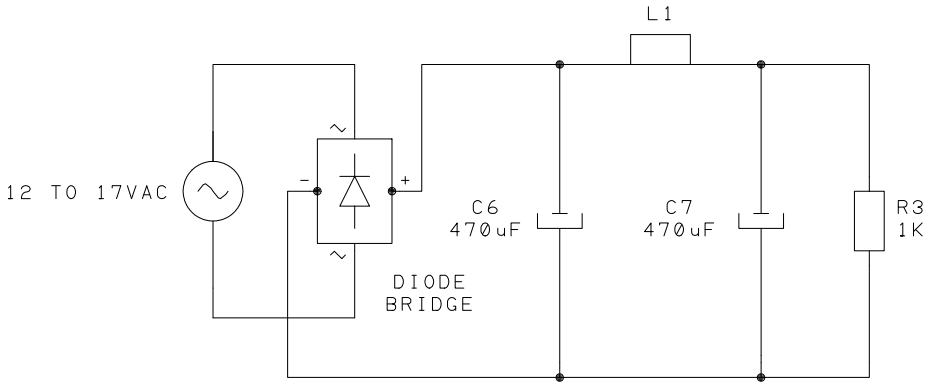


FIG.10 - CIRCUIT UNDER STUDY

05CFL10

8.3 – Doubleur de tension

La Figure 11 montre le circuit à l'étude.

La tension sinusoïdale est appliquée entre A et B. Pendant les demi-ondes négatives, D1 conduit et C6 se charge jusqu'à la crête de la tension sinusoïdale. La diode D2 rectifie ce signal et charge C7 à la valeur de crête égale à $2V_M$.
La tension entre les points C et B apparaîtra pourtant comme indiqué dans la Fig.12.

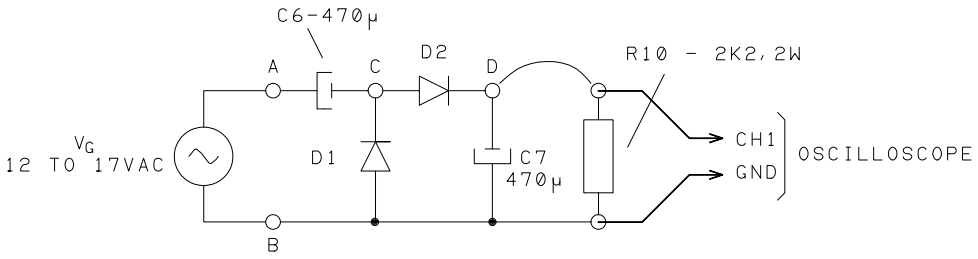


FIG.11 - THE VOLTAGE MULTIPLIER

05CFL11

Afin d'étudier le circuit connecter le comme montré dans la Fig.11, puis étudier les formes d'onde aux différent points de mesure avec l'oscilloscope et mesurer les tensions.

Enfin débrancher la résistance de charge R10. Le condensateur C7 n'est donc plus déchargé entre chaque cycle d'onde, et la tension de sortie apparaît comme une tension continue, dont la valeur est deux fois le crête de la tension sinusoïdale (2 x 14V x 1.41 = 39.48V pour le cas où la tension d'entrée V_G est de 14Vca).

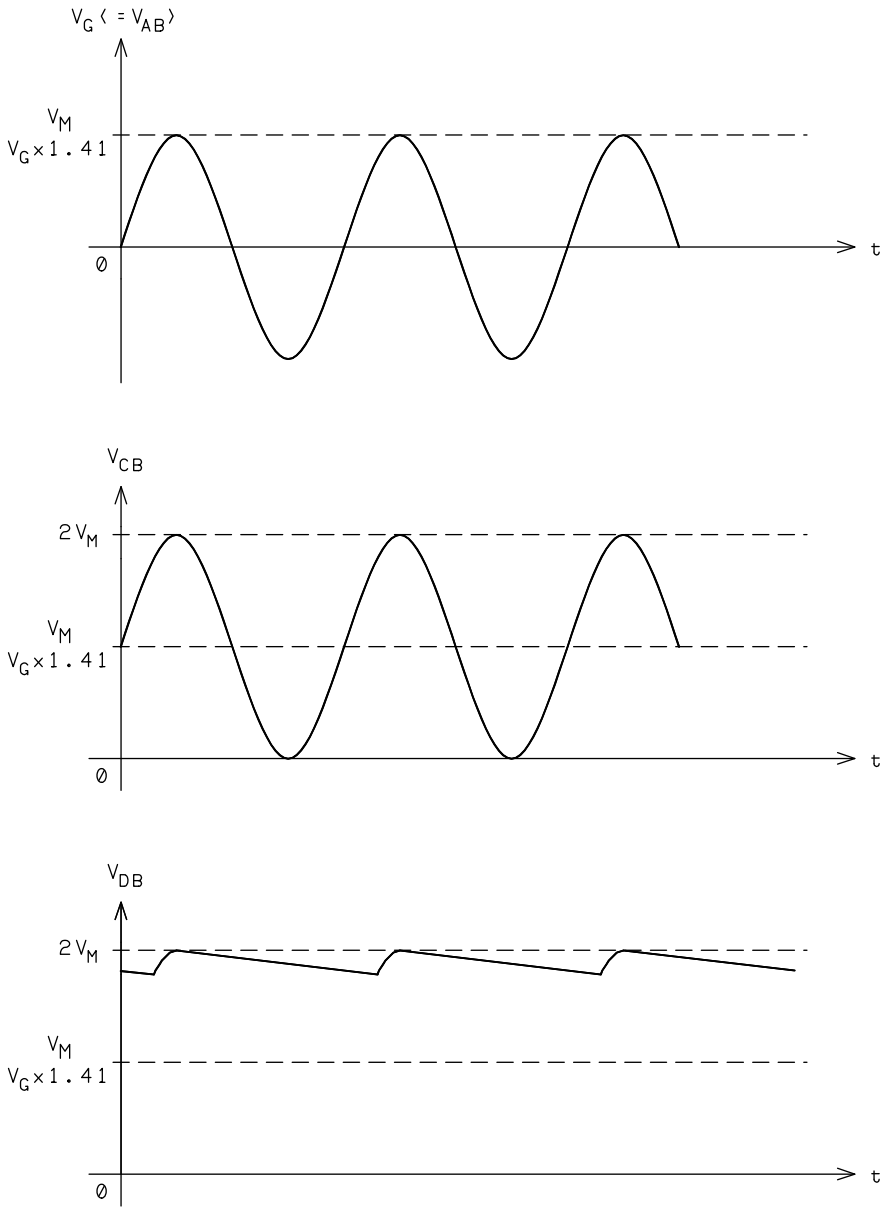


FIG.12 - WAVESHAPES AT THE VARIOUS POINTS OF THE CIRCUIT